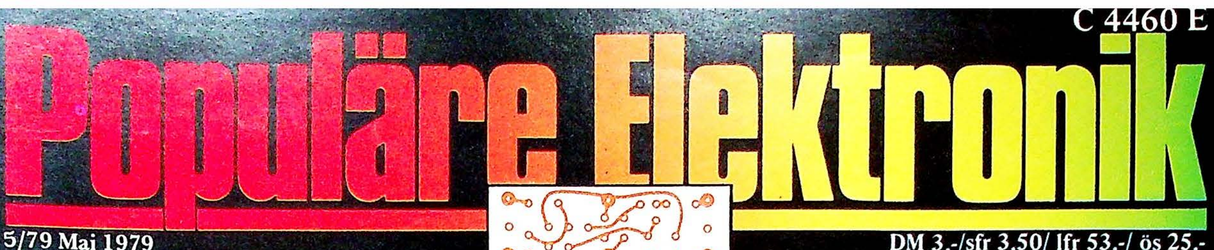


C 4460 E
5/79 Mai 1979
DM 3,-/sfr 3,50/ lfr 53,-/ ös 25,-

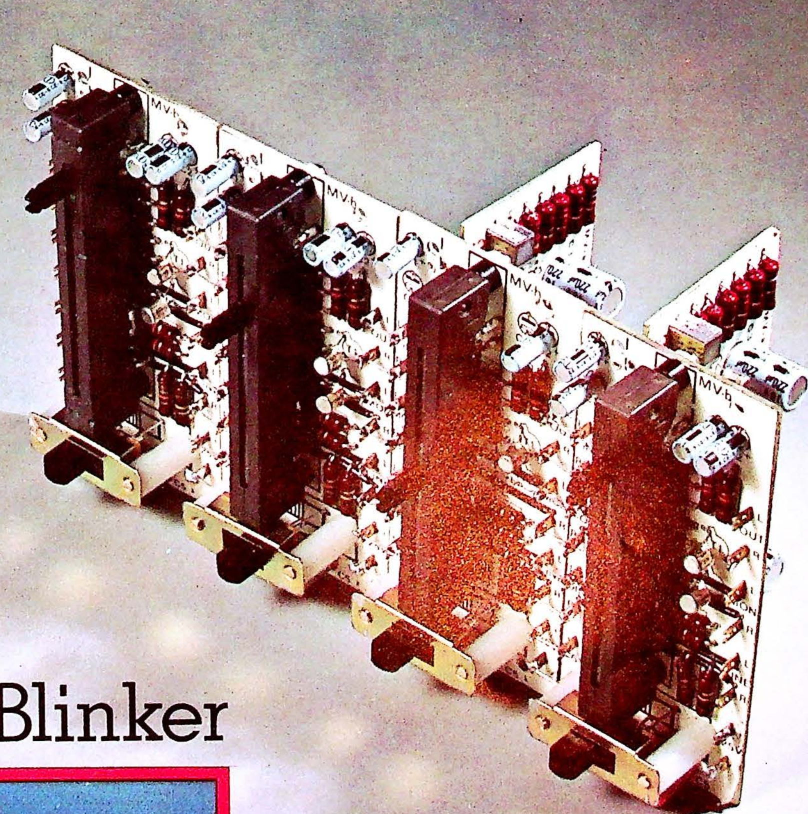
Relais-Pulser
AMV mit Triac

Puzzle-Verstärker:
Netzteil

So funktioniert das:
Dual-Slope-
A/D-Wandler erläutert

Universeller Vorverstärker

Mischpult in Modul-Bauweise









Akustischer Schalter (Geräuschschalter) Empfindlichkeit einstellbar auf div. Geräusche (z.B. Klatschen usw.) oder auf Signale des mitgelief. Pfeiftongebers. Netzanschl. 220 W. Man kann Geräte wie Fernseher, Licht, Tonband usw. bis max. 500 W anschließen.
Klatschschalter kpl. á 36,35 ab 10 Stück . . . á 28,—
ab 3 Stück . . . . á 34,35

NN 35 Netzteil stufenlos regelbar von 0-35 V und der Strom von 1 mA-2 A, mit 2 Potentiometern. Die Regelung erfolgt durch das Spannungsregler IC 723 mit 2 nachgeschalteten Leistungstransistoren. Die beiden Potis für Spannung und Strom befinden sich auf der Platine. Platine 13 x 7 cm. Mit dem Stromregler kann man einen bestimmten Strom einstellen. Übersteigt der Ausgangsstrom den eingestellten Wert, so schaltet das Gerät ab.
Bausatz NN 35 . . . . DM 32,95
Netztrafo 2 A . . . . DM 14,95
Bausatz NN 35 mit Gehäuse komplett und Instrumenten . . . . . DM 109,95
Gehäuse, leer, komplett gestanzt und bedruck (22 x 15 x 9 cm) . . . . DM 37,50
Fertiggerät NN 35 im Gehäuse . . . . DM 149,50

NETZTEIL 0 – 50 V

stufenlos regelbar, Strom max. 3,5 A, schaltet bei Kurzschluß durch einen Thyristor ab, hochkonstant durch temperaturkompensierte Referenzspannungsquelle. Änderung der Ausgangsspannung von 0 auf Vollast nur 0,005%!
Einführungspreis, Bausatz . . . . . DM 44,95
Netztrafo passend . . . . . DM 32,95
Passendes Gehäuse mit sämtlichen Bohrungen, beschrifteter Frontplatte . . . . . DM 49,95
Passende Instrumente 50 V, 3 A . . . . á DM 19,95
Fertiggerät im Gehäuse . . . . . DM 199,95

NEU 30 Watt FBI-Sirene
Betriebsspannung 10-25 V, auf- und abschwellender Ton, Heulton und Impulston einstellbar.
Bausatzpreis . . . . DM 16,95

Angebot des Monats
10 Kanallauflicht, 10 x 500 W Ausgänge, mit Netzteil, umschaltbar auf 4-6-8-10 Kanallauflicht.
Bausatz . . . . DM 29,95



Schwarzlicht
Lampe, 220 V~, 75 W Fassung E27 normal, kein Vorschaltgerät erforderlich . . . . . . DM 3,88
Ab DM 8,85

Comptalux color, Reflektorlampe, Preßglaskolben, verspiegelt, 100 W, Sockel E27, in den Farben Rot, Gelb, Grün, Blau . . . . DM 9,90
ab 10 St., farbig á DM 8,95

Große farbige Reflektorlampe, 40 W, E 27-Fassung in den Farben: Rot/Blau/Grün/Gelb/Violett u. Weiß . . DM 5,95
ab 10 Stück . . . . á DM 4,95

AFS-Strahlerfassung, allseitig schwenkbar, Fassung Alu, Fuß Kunststoff, für Decken- oder Wandmontage . . DM 9,95
E 27 . . . . . . ab 10 Stück á DM 8,95



LOB 18 3-Kanallichtorgel, frequenzselektiv, 4 Regler (3 Kanalregler, 1 Volumenregler), Sicherung mit Achsen und Knöpfen. Die Lichtorgel hat den spezial Übertrager und spricht dadurch auf sehr kleine Lautstärken an. Leistung 3 x 1000 W, Platine 18 x 4 cm.
Bausatz LOB 18 . . . . DM 17,20
Bausatz LOB 18 mit Gehäuse . . . . . DM 22,50
Fertiggerät im Gehäuse . . . . . DM 24,95

160 Watt HiFi — Studio — Stereoverstärker, 1 Jahr Garantie!

Technische Daten
Musikleistung: 160 W
Sinusleistung: 2 × 50 W
Klirrfaktor: 0,2 %
Intermodulation distortion: 0,2 %
Frequenz: 15-30.000 Hz ± IdB
Signal/noise relationship: 65 dB
Schutz gegen Kurzschluß durch eingebaute Schutzsicherungen im Lautsprecher-Stromkreis

SONDERANGEBOT!
ab Lager lieferbar
HI-FI STEREO AMPLIFIER mod. BF 378
BF 378 299,95
ab 3 Stck. a 290,--

Eingänge: Phono magnet, tuner, Aux 1 + 2, Tape cinch und Dioden ((RCA + PENTA)
Ausgänge: Tape RCA + PENTA, Stereo-Kopfhörer, 2 Steckeranschlüsse 220 V 50-60 Hz, 2 paar Lautsprecher A + B

Controls: Lautstärke in dB, Balance, Treble, Bass, Loudness filter, Rumble filter, Scratch filter, Mono/Stereo, Muting ./. 20 dB

Power supply: 220 V, Maße: 365 × 275 × 125 mm



TRIAC-BLINKLICHT Lichtpulser Stroboskop für normale 220-V-Glühlampen bis 500 W belastbar.
Bausatz Lichtpulser . . . . . DM 15,50



20 W Edwin mit Klangregelteil, 20 W sin., 20 Hz-20 kHz, 0,5% Klirrfaktor, Höhen-Tiefenregelung ± 18 dB.
Bausatz 20 W Edwin mit Potis Mono . . . . . DM 29,75
Bausatz 20 W Edwin mit Potis Stereo . . . . . DM 59,50
Fertigbaustein 20 W Edwin mit Potis . . . . . DM 39,95
Netzteil Mono und Stereo . . . . . DM 22,50
Stereoentzerrer für 20 W Edwin . . . . . DM 14,90

30-W-Hi-Fi-Endstufe TE 30
Hi-Fi-30-W-Sinus-Endstufe, 20 bis 20 kHz, 0,8%, 1 V/50 K, Betriebssp. 30-40 V, 7 Halbleiter, NTC usw.
Bausatz TE 30 DM 29,85
2 Stück . . . . DM 55,—
Mononetzteil . DM 22,50
Stereonetzteil . DM 28,50

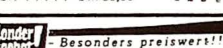
40-W-Edwin-Endstufe, 1000fach bewährt, kurzschlußfest, keine Ruhestromeinstellung, 25 Hz-1,2 MHz, 0,1% Klirrfaktor, 1 V/50 kΩ, Betriebsspannung 42 V.
Bausatz 40 W Edwin DM 39,50 2 Stück . . . DM 77,—
Mononetzteil . . . . DM 34,50
Stereonetzteil . . . . DM 45,50

100-W-EQUA-Verstärker, 20 Hz-60 kHz, Klirrfaktor kleiner 0,07%!, dauerkurzschlußsicher, Betriebsspannung 60-80 V, 14 Halbleiter, Hochleistungskühlkörper, U eing. 0,5 V.
100-W-Endstufe EQUA 100, Bausatz . . . . . DM 55,—
Fertigbaustein EQUA 100, geprüft . . . . . DM 88,—
Mononetzteil DM 52,— Stereonetzteil DM 74,—

Hochwert. Stereo-Verstärker 100.
Stereo-Vorverstärker f. sämtliche Endstufen geeignet. 4 umschaltbare Eingänge für Tonband, Tuner, magn. Plattenspieler, frei Lautstärke-, Höhen-, Tiefen-, Balanceregler u. Drucktasten auf der Platine. Höhen-Tiefenregelung ± 20 dB, 15-70 kHz, 25—60 V.
Bausatz Vorverstärker 100 mit Potis und Tasten DM 59,50



Klangfilterplatine KBK
4 Tasten für Rausch-Rumpel-Sprache, Basisbreite, Poti für Basisbreite, mit Kopfhöreausgang, 14 Halbleiter
Bausatz KBK . . . . . DM 33,95





Koax-Kolbenlautsprecher „SP-500 X" (DF-12-HC-4), in verbesserter Ausführung, mit sehr gutem Wirkungsgrad für kleine und mittlere Hi-Fi-Boxen. Breitband mit eingeb. Hochtonkegel — daher gesamter Freq.-Bereich 30–20 000 Hz. Imp. 8 Ω. Belastbarkeit 20 W (max. 25 W, in geschl. Box. 5—10 l), Maße: 130 x 130 mm. Schallöffnung 110 mm ⌀ nur St. DM 14.25
ab 10 Stück à DM 13.95

Elektronisches Lesley, Bausatz . . . . . DM 23,95
Funkschalter zur drahtlosen Fernsteuerung, ca. 80 m Reichweite, 220-V-Netzteil eingebaut, mit Sender, kpl. . . . . . DM 89,50
Transistorzündung, 12 V, für Pkw sämtlicher Fabrikate, Bausatz . . . . . DM 27,50



MPX 4000 in Stereoausführung. Ein 4-Kanalmischpult mit 2 Magneteingängen, 1 Tonbandeingang und 1 Mikrofoneingang mit Höhen-Tiefenregelung zur optimalen Anpassung der Mikrofone und der Stimme. Die 2 Magneteingänge schalten automatisch auf Kristalleingang um bei Anschluß eines Kristallplattenspielers. Auf der Platine befindet sich ein eingebautes Netzteil. Bestückung: 8IC. Frequenzgang: 10Hz-28KHZ. Klirrfaktor kleiner 0,15%.
Eingänge: 2x Magneteingang 2mV- 200mV.
1x Mikrofoneingang 2mV - 20mV
1x Tonbandeingang 200mV.
Die Höhen-Tiefenregelung des Mikrofoneinganges beträgt + 18 dB. Das MPX 4000 kann als einbau- oder als Standgerät Verwendung finden.
Bausatz MPX 4000 . . . . DM 49,95



DISCO-LICHTORGEL 10, 3-Kanal-Lichtorgel, Baugruppe LOB 3/1000 AV, jedoch mit Schieberegler, mit Pultgehäuse, das komplett gestanzt und beschriftet ist, 3 Schukosteckdosen an der Rückseite, 3adriges Netzkabel. Gehäuse 215 x 130 x 75.
Bausatz DISCO-LICHTORGEL . . . . . . DM 77,85
Fertiggerät Disco 10 . . . . DM 128,—




Kojak-Horn
Elektronische Sirene im Drückkammerlautsprecher mit kraftvollen auf- und abschwellendem Tonintervall. Durch besonders starke Endstufe wird ein Schalldruck von 95 Phon/1m erreicht. Frequenz 500-2000 Hz, Signaldauer 0,7 sek. pro Impuls. Maße: 130 mm ⌀, Länge 170 mm, Spannung 12 V DC, Wetterfeste Ausführung durch Spezialschutzfilm. 29,95



LOB 3/1000 AV, eine 3-Kanal-Lichtorgel mit einer Leistung von 3x 1000 W/220 V. 3 Regler für die einzelnen Kanäle, 1 Volumenregler. Diese Ausführung besitzt eine hervorragende Kanaltrennung, da jeder Kanal einen aktiven RC-Filter eingebaut hat. Dadurch wird eine fast unerreichte Kanaltrennung der tiefen, mittleren und hohen Frequenzen erreicht. Der NF-Eingang wird zusätzlich durch einen Transistor verstärkt. Dadurch hat diese Lichtorgel eine Eingangsempfindlichkeit von ca. 0,1 W, das bedeutet, daß ein Cassettenrecorder zur Aussteuerung voll genügt. Durch die eingebaute NF-Automatik entfällt das Nachregeln der Kanäle bei schwankender Musiklautstärke.
Bausatz LOB 3/1000 AV . . . . . . DM 42,50
Fertigbaustein 3/1000 AV . . . . . DM 54,—
Passendes Gehäuse mit Frontplatte . . . . DM 9,50

LO 96, Lichtorgel wie 3/1000 AV, jedoch mit gestanztem Gehäuse, Steckdosen, Netzkabel, NF-Buchse, Knöpfen usw.
Bausatz LO 96 DM 65,— Fertiggerät LO 96 DM 96,50



LIGHT 2000
Das Lichtsteuergerät Light 2000, das Gerät der Superlative. Das 4-kanalige Gerät hat eine garantierte Ausgangsleistung von je 2000 Watt. Dieses ist konzipiert für extremsten Dauerbetrieb in Discotheken, bei Kapellen, und natürlich auch für den privaten Gebrauch, ein Lichtsteuergerät, das keine Wünsche offen läßt. Auf Lebensdauer und Störanfälligkeit wurde bei der Entwicklung strengstens geachtet.
Das Gerät Light 2000 hat folgende Betriebsvariationen:
a) analoge Lichtorgel (frequenzselektiv)
b) 4-Kanal-Digitallichtorgel
c) 4-Kanallauflicht
d) 4-Kanallauflicht invertierbar (Lampen werden nacheinander dunkel)
e) 4-Kanallauflicht normal und ivertiert in gleichzeitigen Betrieb.
f) sämtliche 4 Kanäle können bei den oben aufgeführten Betriebsarten gedimmert werden.

Die Funktionen a-e werden mit dem Tastensatz umgeschaltet. Die Lichtorgel besteht aus der Grundplatine, auf die sämtliche Baugruppen a-e aufgesteckt werden. Die Verbindungen werden mit hochwertigen AMP-Steckverbinder hergestellt. Das Gerät wird am Lautsprecher angeschlossen, hat am Eingang einen Operationsverstärker mit Automatik bei schwankender Lautstärke. Die 3 Regler gehören zum einstellen der Eingangsempfindlichkeit, Lauflichtgeschwindigkeit und Dimmer.
Das Light 2000 arbeitet mit Nullpunktsteuerung, dadurch entfallen die Anstieg- und Abfallflanken bei der Triacansteuerung. Somit ist ein vollkommen störungsfreier Betrieb möglich. Jegliche Arten von Funkentstörung entfällt hiermit. Das Netzteil ist stabilisiert und sämtliche Bauteile inkl. dem Netztrafo befinden sich auf der Platine.
Bestückung: 22 IC, 10 Transistoren, 4 Triacs, usw. Platine 28 x 14 cm (Grundplatine).
Bausatz LIGHT 2000 komplett . . . . DM 249,—
Fertigbaustein LIGHT 2000 . . . . . . DM 298,—
Platinensatz (5-teilig) mit 13-seitiger Beschreibung und Oszillogrammen . . . . . . DM 38,—
Passendes Gehäuse komplett gelocht und mit beschrifteter Frontplatte . . . . . . DM 98,95
LIGHT 2000 betriebsbereit im Gehäuse mit eingebauten Steckdosen . . . . . . DM 598,—

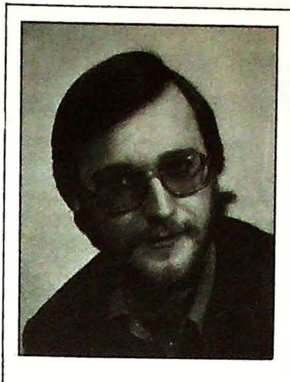
Audioskop, ein Gerät, das NF-Signale vom Radio, Tonband usw. auf dem Fernsehbildschirm sichtbar macht. Anschluß an der Antennenbuchse. Kein Eingriff am FS-Gerät.
Bausatz Audioskop . . . . . . DM 14,20
Gehäuse . . . . . . DM 5,90
Elektorglocke, 8 verschiedene Töne, Bausatz . . DM 29,95
Passendes Gehäuse . . . . . . DM 9,50
Lichtschranke mit Relais, 1200 W belastbar, Bs. DM 11,50
Elektron. Würfel, mit roten LED-Anzeigen, Bs . DM 9,80
Passendes Gehäuse für Würfel . . . . . DM 5,20
3fach-Sirene, auf- u. abschwellender Sirenenton, Impulston, Dauerton, mit Endstufe, Bausatz . . . . . DM 12,95
Elektronischer Nachhall, in jedes Gerät einbaubar, f. Stereo- u. Monogeräte, Hall regelbar, Bausatz . DM 23,95
Hallspirale RE-4 DM 15,— **Hallspirale RE-6** . . DM 11,50



LD 42, 4-Kanal-Digitallichtorgel mit Selbststeuerung, Pauselicht, 3 Regler für Empfindlichkeit, Lauflichtgeschwindigkeit und Umschaltung Digit-Duallauflicht. Bei Mittelstellung ergibt sich die Variante: Lauflicht mit Musikansteuerung. Triacsteuerung, pro Kanal 1000 W Spitze belastbar, mit Netzteil, Knöpfen, usw.
Bausatz LO 42, 4-Kanal . . . . . . DM 76,—
Fertigbaustein LO 42 . . . . . . DM 89,—
Passendes Gehäuse . . . . . . DM 9,50
Fertiggerät LO 42 . . . . . . DM 169,—



8660 Münchberg
Postfach 260 · Tel. 09251/6393
Gesamtkatalog '79 (300 Seiten) gegen 5,- DM. Sonderliste kostenlos.



Mischpult nach Maß

„Was lange währt, wird endlich gut", werden sich manche P.E.-Leser sagen, die in diesem Heft das lange angekündigte Mischpult in Modultechnik entdekken. Recht haben sie, denn das Preis/Leistungs-Verhältnis des Mischpultes scheint mir für den Hobby-Elektroniker genau richtig getroffen zu sein. Natürlich hätten wir auch Klimmzüge machen und ein semiprofessionelles Pult mit allen Tricks, wie Hall, Sammelschienentechnik, Dynamikkompressoren, mehrkanaligen Klangfiltern usw. bauen können, aber fragen Sie nicht, was das kosten würde. Nebenbei bemerkt, müßte man wegen des gedrängten Aufbaus doppeltkaschierte Prints benutzen, die auch ihre Mark kosten.
Da taucht natürlich die Frage auf: Braucht man das alles überhaupt? Ich meine, nein. In der Regel ist es so, daß die, die solche aufwendigen Mischpulte brauchen, auch das Geld haben, voll hinlangen zu können, und daß sie nicht die Zeit haben, sich selbst eines zu bauen.
Das P.E.-Mischpult gibt dem Hobby-Elektroniker, der seine verschiedenen Tonquellen geschickt mischen möchte, genau die richtigen Möglichkeiten.
In einer der nächsten P.E.'s kommen Klangeinsteller, Monitor- und Summenverstärker hinzu. Zusammen mit den in früheren P.E.-Ausgaben veröffentlichten HiFi-Modulen kann man sich dann ein Mischpult zusammenstellen, das so manchen Freund des Hauses vor Neid erblassen läßt.
Die Anwendungsbeispiele des n-Kanal-Mischpultes sind vielfältig, es wäre müßig, sie einzeln aufzuzählen. Schon die nächste Privatfete wird den Erbauer des Mixers zum perfekten Diskjockey machen, der „weich" von einer Tonquelle zur anderen blendet, und zwischendurch seinen Gästen mit ein paar klugen Sprüchen durchs Mikro richtig einheizt.
In diesem Sinne wünsche ich Ihnen viel Spaß mit dem Mischpult.

Ihr
Jens Hahlbrock

(Jens Hahlbrock ist Aufnahmeleiter beim ZDF, außerdem freiberuflicher Diskjockey und P.E.-Mitarbeiter).

Populäre Elektronik

Jahrgang 4 — Heft 5

In dieser Ausgabe

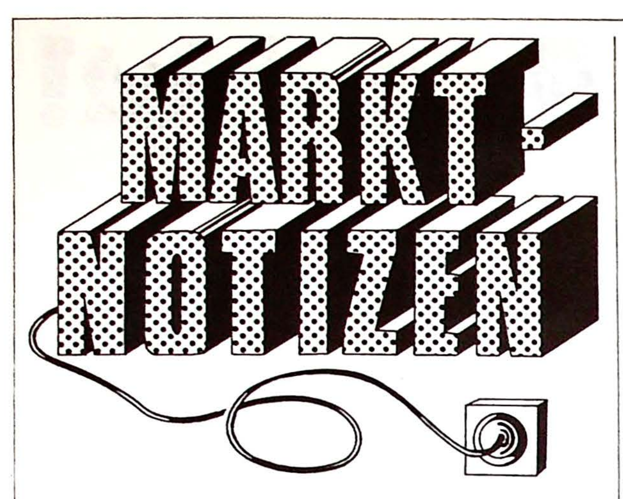
Impressum

Populäre Elektronik erscheint jeweils Mitte des Vormonats im M + P Zeitschriften Verlag GmbH & Co, Steindamm 63, 2000 Hamburg 1
Telefon 040/24 15 51-56
CHEFREDAKTION
Manfred H. Kalsbach
REDAKTION
Leen van Dam, Jan Palmen, Jan Pas, Jos Verstraten
MITARBEITER
Wolfgang Back, Jens Hahlbrock, Albert Hartfiel, Wolfgang F. Jacobi, Friedrich Scheel, Hilaneh von Kories (Bildredaktion), Sabine Spies (Redaktionsassistenz)
VERLAGSLEITUNG
Claus Grötzschel

ANZEIGENLEITUNG
Werner Pannes
ANZEIGENVERWALTUNG
M + P Zeitschriften Verlag
Steindamm 63
2000 Hamburg 1
Telefon 040/ 24 15 51-56
Telex MEPS 21 38 63
Zur Zeit ist die Anzeigenpreisliste Nr. 5 gültig
DRUCK
Locher KG, 5000 Köln 30
REPRODUKTION
Alpha Color GmbH Hamburg
VERTRIEB
IPV Inland Presse-Vertrieb GmbH
Wendenstraße 27-29
2000 Hamburg 1, Telefon 040/ 24 861, Telex 2162401
LAYOUT
Susanne Grocholl
Sabine Schwabroh

ABONNEMENT
Inl. 12 Ausgaben DM 29,80 inkl. Bezugsgebühren, Ausl. DM 34,80. Best. beim Verlag. Kündigung spätestens 8 Wochen vor Ablauf des Abos.

GERICHTSSTAND
Hamburg
AUSLANDSVERTRETUNGEN
Österreich: Messner Ges. mbH, Liebhartsgasse 1, A-1160 Wien, Telefon 0222/92 54 88, 95 12 65
Schweiz: SMS-Elektronik, Köllikerstr. 121, CH-5014 Gretzenbach, Telefon 064/ 41 41 55



HIGH COM

Jeder Musikfreund kennt die leidige Erscheinung, daß Geräusche, die nicht zu Musik gehören, den Genuß der Musik erheblich stören können. Im Konzertsaal kann es das berüchtigte Rascheln des Papiers sein, zuhause können Umweltgeräusche nicht minder störend wirken. Hinzu kommt, daß in der Wiedergabeanlage Störgeräusche entstehen können, die sich dem Schallsignal überlagern. In diesem Zusammenhang seien nur das Knistern einer Schallplatte oder das Rauschen bei UKW-Stereo- oder bei Tonbandwiedergabe erwähnt. Hier handelt es sich um Störungen, die sich auf dem Übertragungsweg dem Schallereignis hinzugemogelt haben. Mit „Übertragungsweg" sind verallgemeinernd alle Einrichtungen und Übertragungsstrecken zwischen Schallquelle und Hörer gemeint. Der Übertragungsweg beginnt beim Aufnahme-Mikrofon, er endet beim Lautsprecher der Wiedergabeeinrichtung; im Übertragungsweg können sich daher auch Schallspeicher wie z.B. Platte, Band oder Cassette befinden.

Bei leisen Stellen werden die der Musik überlagerten Störgeräusche als besonders unangenehm empfunden, sie können schlimmstenfalls sogar die Musik übertönen, die Musik verdecken, wie es in der Fachsprache heißt. Bei lauten Musikstellen tritt ein gegenteiliger Effekt auf:

Sofern die Störgeräusche ein bestimmtes Maß nicht überschreiten, werden sie bei lauter Musik in der Regel nicht wahrgenommen, hier verdeckt die laute Musik das Störgeräusch.

Leider nützt es aber gar nichts, die Wiedergabelautstärke zu erhöhen, um auf diese Weise die Störgeräusche zu übertönen. Die auf dem Übertragungsweg eingedrungenen Störungen würden ja bei der Lautstärkeerhöhung im gleichen Maß mit angehoben, das Verhältnis von Nutzsignal bliebe gleich.

Nützlich wäre dagegen eine Anhebung nur der leisesten Musikstellen, bevor sie übertragen oder auf Band gespeichert werden. Laute Stellen, die ja die Störgeräusche ohnehin verdecken, könnten unverändert bleiben. Nur die leisesten Stellen dann künstlich unempfindlich gegen Störungen gemacht.

Diese an sich sehr wirkungsvolle Methode weist nur einen Schönheitsfehler auf: Dem Hörer wird nun ein Schallsignal angeboten, das in seiner Dynamik nicht mehr dem Original entspricht.

Unter „Dynamik" versteht man bei der Musik das Verhältnis zwischen lautester und leisester Stelle des Signals, die Nivellierung der Dynamik entsprechend der oben geschilderten Methode bezeichnet man mit „Dynamikkompression". Die Originaldynamik läßt sich nur wiederherstellen, wenn man auf der Wiedergabeseite die leisen Musikstellen im gleichen Maße wieder absenkt, in dem man sie vorher angehoben hat. Auf der Wiedergabeseite muß eine Expansion der Dynamik erfolgen. Der Hauptnutzen dieser Maßnahme ist, daß mit der Absenkung der leisen Stellen auch das auf dem Übertragungsweg hinzugekommene Störgeräusch sogar unter die Hörbarkeitsgrenze bringen.

Die schematische Darstellung (Bild 1) zeigt im oberen Teil, wie sich im Übertragungskanal auftretende Störungen auf die Wiedergabe auswirken. Die leisen Stellen sind verdeckt.

Im unteren Teil des Bildes werden die leisen Stellen bei der Aufnahme angehoben und vor der Wiedergabe durch den Lautsprecher im gleichen Maß wieder abge-

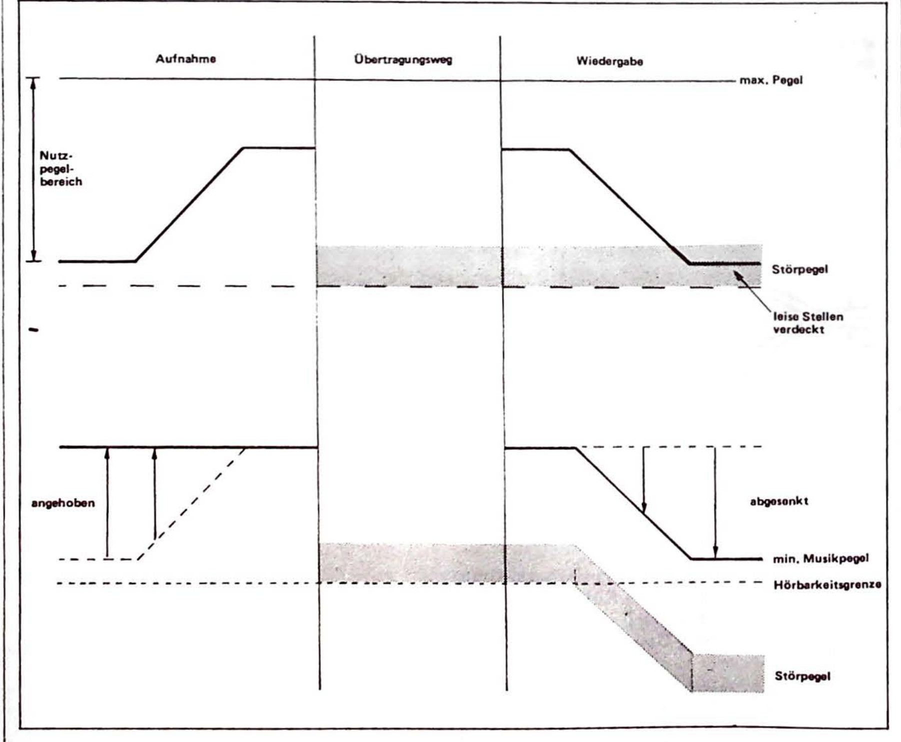
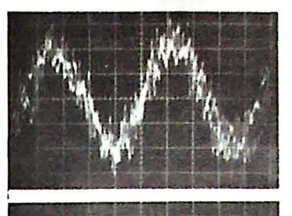


Bild 1. *So wirkt High Com. Im Übertragungsweg entstehen Störsignale (gerasterte Felder). Ohne Maßnahme fallen leise Signalanteile in diesen Bereich (oben). Mit High Com niedriger Störpegel.*



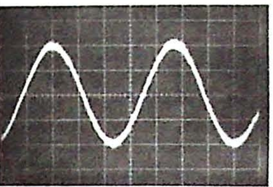


Bild 2. *Oben das Oszillogramm eines verrauschten Signals, unten die Wirkung von High Com.*

senkt. Störungen, die in den Übertragungskanal eindringen oder dort entstehen (wie z.B. Bandrauschen), werden dann zusammen mit dem Schallsignal abgesenkt. Sie machen sich bei der Wiedergabe nicht mehr störend bemerkbar, da sie, auch bei leisen Stellen, von der Musik verdeckt werden.

Derartige Verfahren werden schon seit längerer Zeit angewendet, hier sei als Beispiel „Dolby" erwähnt. Dabei wurde bislang aber nur ein Teil des Musikspektrums – die hohen Töne – bei der Aufnahme abgehoben und bei der Wiedergabe auf den Originalpegel abgesenkt.

Bei dem von Telefunken entwickelten HIGH COM-Verfahren werden nun *alle* leisen Stellen des Musiksignals bei der Aufnahme angehoben und bei der Wiedergabe entsprechend abgesenkt. Daraus resultiert eine wesentlich bessere Unterdrückung aller Störungen, die sich im Übertragungskanal dem Schallereignis hinzuaddierten.

Die Wirkung von HIGH COM ist aus Bild 2 zu ersehen, im oberen Teil wird das Oszillogramm eines stark verrauschten Sinustons (ohne HIGH COM) gezeigt, darunter der gleiche Ton, aber mit HIGH COM gesäubert.

Noch deutlicher wird die Wirkung von HIGH COM in Bild 3, dort ist der Rauschfrequenzgang eines Cassetten-Recorders gezeigt. Es handelt sich dabei um das „Ruherauschen", das dann hervortritt, wenn das Musiksignal gänzlich verschwindet. Da jeglicher Verdeckungseffekt wegfällt, machen sich in Musikpausen die Störgeräusche besonders unangenehm bemerkbar. Man muß daher für eine besonders gute Rauschunterdrückung in den Pausen sorgen. Besonders wichtig ist es selbstverständlich, daß die Wiedergabetreue durch das Störunterdrückungsverfahren nicht – oder zumindes nicht hörbar – verfälscht wird. Diese Forderung wird von den für HIGH COM entwickelten intergrierten Schaltkreisen in vollem Umfang abgedeckt. Die ersten, mit diesem Schaltkreisen bestückten Cassettengeräte werden Mitte 1979 auf dem Markt erscheinen, die Schaltkreise stehen allen Herstellern zur Verfügung.

Im Rahmen dieser Abhandlung war nur eine stark komprimierte Darstellung möglich, ausführliche Dokumentationen sind beim Hersteller erhältlich.

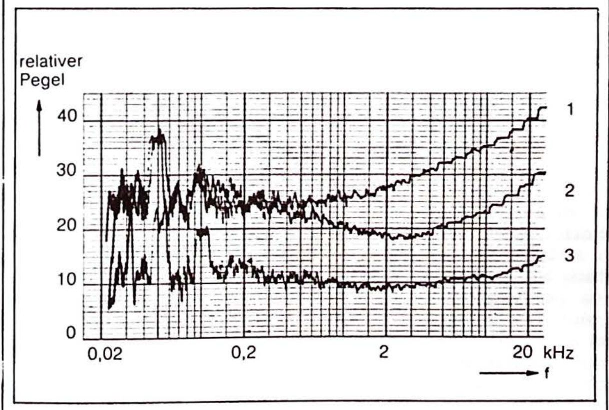
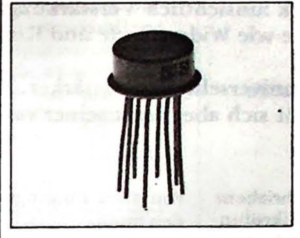
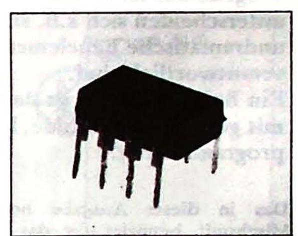


Bild 3. *Der Rauschfrequenzgang eines Cassetten-Recorders. 1) ohne Kompander, 2) herkömmlicher Kompander, 3) HighCom.*

Der Monozellen OpAmp



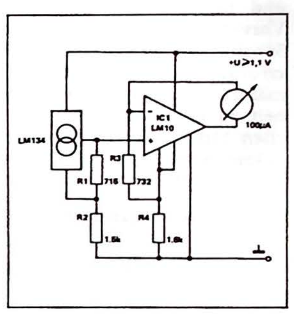


In Heft 1/79 berichteten wir an dieser Stelle über den neuen Operationsverstärker LM 10, der bis herab zu 1,1 V Speisespannung betrieben werden kann und sich somit, auch dank seiner geringen Stromaufnahme, besonders gut für batteriegespeiste Geräte eignet. Eine 200 mV-Referenzspannungsquelle ist mit integriert, so daß das Wunderding auch speziellere Aufgaben im Alleingang lösen kann.

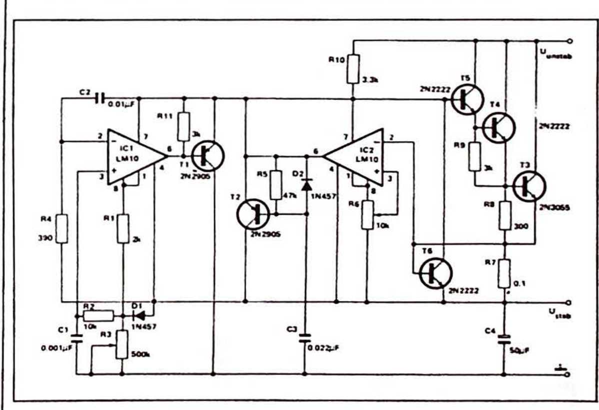
Inzwischen liegt die englischsprachige Anwendungsschrift mit 27 Schaltbeispielen für den LM 10 vor. Sie belegt so recht, was in dem kleinen Ding steckt. Da gibt es einfache, aber genaue Meßschaltungen für Temperatur, Helligkeit, Batteriezustand sowie für Strom und Spannung; weiter einen Mikrofonverstärker und zahlreiche Spannungsstabilisatorschaltungen, von denen sicher die am interessantesten sein dürften, die für die wirksame „On Card"-Stabilisierung (auf dem zu speisenden Print) geeignet sind.

Von den Anwendungsbeispielen sind in den Bildern zwei angegeben.

Quelle: „New Op Amp Ideas", National Semiconductor, Industriestraße 10, 8080 Fürstenfeldbruck.



Ein elektronisches Thermometer mit Zeigerinstrument. Die teilweise krummen Widerstandswerte sind der Anwendungsschrift entnommen.



Auch für andere als Niedrigspannung-Zwecke läßt sich der LM 10 verwenden. Hier das Schaltbild für ein Netzgerät mit einstellbarer Ausgangsspannung 0...50 Volt und einstellbarem Strom 0...1 Ampere.

Universeller Vorverstärker

Bis die Digitaltechnik aufkam waren Verstärker die am meisten verbreiteten elektronischen Schaltungen. Es lassen sich mehrere Verstärkergattungen aufzählen, die alle mehr oder weniger spezielle Eigenschaften aufweisen müssen und die sich aus diesem Grund vom Aufbau her stark unterscheiden. Aber auch das Umgekehrte ist festzustellen: Verstärker mit fast identischem Aufbau erfüllen ganz verschiedene Aufgaben, unterscheiden sich z.B. stark hinsichtlich Verstärkungsfaktor oder Frequenzgang, obwohl nur wenige, undramatische Bauelemente wie Widerstände und Kondensatoren für die individuellen Eigenschaften verantwortlich sind.
Ein Beispiel hierfür ist der universelle Vorverstärker. Er dient allgemein zum Verstärken von NF-Signalen mit geringer Amplitude, läßt sich aber dank seiner variablen Gegenkopplung auf zahlreiche Aufgaben programmieren.

Das in dieser Ausgabe beschriebene Mischpult benötigt für das Mikrofon- und für das Platte-Mischmodul einen Vorverstärker, aber auch in anderen Schaltungen ist oft ein solcher Baustein erforderlich. Deshalb ist es sicher zweckmäßig, eine universell verwendbare Einheit zu konzipieren, die sich mit einfachen Mitteln für die jeweilige Aufgabe präparieren läßt.

Verstärkungsfaktor

Je höher der Verstärkungsfaktor wird, um so schwieriger ist es, einen Verstärker „ruhig" zu halten: Er neigt zunehmend zu wildem Schwingen. Deshalb muß der universelle Verstärker einen Verstärkungsfaktor haben, der noch gerade ausreicht, wenn die Schaltung voll gefordert wird, aber nicht darüber, denn auch die dann stärker zu machende Gegenkopplung verhindert die Schwingneigung nicht unbedingt.
Wie hoch der Verstärkungsfaktor sein muß, hängt zunächst davon ab, wie hoch - oder besser gesagt: wie niedrig - die Spannung der Signalquelle ist, welche die niedrigste Ausgangsspannung hat. Dies ist neben dem Mikrofon insbesondere der magnetodynamische Tonabnehmer eines Plattenspielers. Man erinnere sich an den Beitrag „RIAA" in der letzten Ausgabe, dort hieß es, daß bei den niedrigsten Frequenzen des Übertragungsbereiches die größte Verstärkung erforderlich ist. Das Element gibt an der unteren Bereichsgrenze eine Spannung von nur 0,0005 Volt (0,5 mV) ab. Die für NF-Leistungsverstärker am Eingang erforderliche Steuerspannung liegt in der Größenordnung 1 Volt, demnach ist ein Verstärkungsfaktor von

$$1 : 0{,}0005 = 2000$$

erforderlich.
Aber auch die von Band oder Tuner abgegebenen Ausgangsspannungen können wegen zu geringer Amplitude nicht unmittelbar einen Leistungsverstärker steuern. Deshalb enthält eine vollständige Anlage meistens vor dem Endverstärker noch eine Verstärkerstufe, die z.B. im Klangeinsteller mit enthalten ist und von allen Eingangssignalen passiert werden muß.
Das in dieser Ausgabe beschriebene Mischpult ist insofern ähnlich konstruiert, als alle Eingangssignale in ihrem Mischmodul - unabhängig von einem evtl. vorhandenen Vorverstärker - um den Faktor 10 verstärkt werden.
Für einen RIAA-Vorverstärker bedeutet dies, daß der maximale Verstärkungsfaktor nicht mit 2000, sondern nur mit

$$2000 : 10 = 200$$

anzusetzen ist.
Aus einem anderen Grund reicht ein solcher Verstärkungsfaktor jedoch nicht aus, wenn nämlich die unentbehrliche

Gegenkopplung

berücksichtigt wird, die einen gegebenen Verstärkungsfaktor auf jeden Fall herabsetzt.
Verstärker haben die unerfreuliche Angewohnheit, außer dem, was sie tun sollen, nebenbei andere Dinge zu treiben. So erzeugen sie selbstherrlich Ausgangsspannungen, die nicht Bestandteil des verstärkten Signals sind. Nicht nur Brumm- und Rauschspannungen, sondern auch die Verzerrungen sind hier zu nennen; das Wort sagt bereits, daß sie unerwünscht sind.
Ein wirksames Mittel, die Verzerrungen zu verringern, ist die Gegenkopplung; es kann im Rahmen dieses Beitrags nicht darauf eingegangen werden, wie diese Wirkung zustande kommt, dies sei einem speziellen Beitrag vorbehalten.
Ein Verstärker für niedrige Wechselspannungen kann mit einem speziellen IC, mit Operationsverstärker oder diskret mit einzel-Bauelementen aufgebaut werden. Der hier beschriebene Universelle Vorverstärker ist diskret aufgebaut. Die Gegenkopplung führt einen durch Spannungsteilung erhaltenen Anteil der Ausgangsspannung gegenphasig auf den Eingang zurück, wo er von der Eingangsspannung subtrahiert wird. Im Prinzip ist also auch der diskret aufgebaute, gegengekoppelte Verstärker insofern mit einem OpAmp vergleichbar, als er auch einen invertierenden und einen nichtinvertierenden Eingang hat, wobei allerdings die anderen Möglichkeiten der OpAmps außer Acht bleiben.
Trotzdem kann, wie Bild 1 zeigt, der diskrete, gegengekoppelte Verstärker wie ein OpAmp-IC (Dreieck) gezeichnet werden. Die Ausgangsspannung liegt an einem Spannungsteiler aus R1 und R2, der Knotenpunkt ist mit dem invertierenden Eingang verbunden. Die Spannungsteilerwiderstände stehen im gewählten Beispiel im Verhältnis 9 : 1, so daß 1/10 der Ausgangsspannung auf den invertierenden Eingang gekoppelt wird.
Wie hoch der Verstärkungsfaktor ist, interessiert nicht, wie sich noch zeigen wird; der Faktor wird einfach als „hoch" angenommen.
Das Zahlenbeispiel in Bild 1 zeigt eine Eingangsspannung von 1 Volt. Falls die Ausgangsspannung geringer sein sollte als 10 Volt, dann ist auch die zum invertierenden Eingang rückgekoppelte Spannung kleiner als 1 Volt (1/10 der Ausgangsspannung). Am Eingang ist also noch eine Differenzspannung vorhanden, die von der Schaltung „hoch" verstärkt wird, so daß die Annahme, die Ausgangsspannung sei kleiner als 10 V, nicht realistisch war. Tatsächlich stellt sich die Ausgangsspannung auf fast 10 Volt ein, die gegengekoppelte Spannung beträgt fast genau 1 Volt, so daß dem Verstärkereingang nur eine sehr

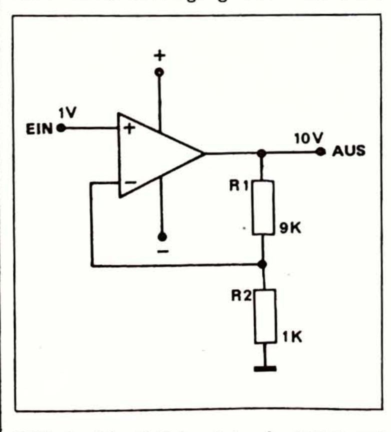


Bild 1. *Die übliche Art, ein NF-Signal 10fach zu verstärken.*

kleine Differenzspannung zum Verstärken zur Verfügung steht, nämlich 1 Volt minus „fast 1 Volt". Diese Differenzspannung, multipliziert mit dem hohen Verstärkungsfaktor, ergibt die (fast genau) 10 Volt Ausgangsspannung; somit hat der Verstärkungsfaktor der gesamten Schaltung den Betrag 10, er bestimmt sich durch die Widerstände des Spannungsteilers, nicht durch die hohe Leerlaufverstärkung der Schaltung.
Der Gegenkopplungsfaktor ist das Verhältnis von der Leerlaufverstärkung zu der Verstärkung mit Gegenkopplung. Anders ausgedrückt: Will man einen bestimmten Verstärkungsfaktor, z.B. 200 haben, und soll der Gegenkopplungsfaktor z.B. 10 betragen, dann muß die Leerlaufverstärkung

$$200 \times 10 = 2000$$

betragen.
Somit ist bei der Entwicklung eines Verstärkers und der Bestimmung des erforderlichen Verstärkungsfaktors nicht nur zu berücksichtigen, daß eine gegebene Eingangsspannung auf einen bestimmten Betrag verstärkt werden muß, sondern außerdem muß der gewünschte Gegenkopplungsfaktor mit eingerechnet werden; je höher dieser Faktor ist, um so geringer sind die Verzerrungen.

Frequenzabhängige Gegenkopplung

In bestimmten Fällen kann es erforderlich sein, der Übertragungskennlinie (Frequenzgang) eines Verstärkers nicht einen geraden Verlauf zu geben, sondern einen bestimmten, von der Geraden abweichenden. Ein Beispiel ist der RIAA-Vorverstärker für magnetodynamische Plattenabtaster.
Ersetzt man in Bild 1 den Widerstand R1 durch einen Kondensator, wie in Bild 2 angegeben, so ist die Amplitude des vom Gegenkopplungszweig zurückgeführten Signals von der Frequenz abhängig. Bei zunehmender Frequenz verringert sich der Wechselstromwiderstand des Kondensators, das Spannungsteilerverhältnis verschiebt sich, es wird stärker gegengekoppelt, so daß der Verstärkungsfaktor zwischen Ein- und Ausgang der Schaltung abnimmt.

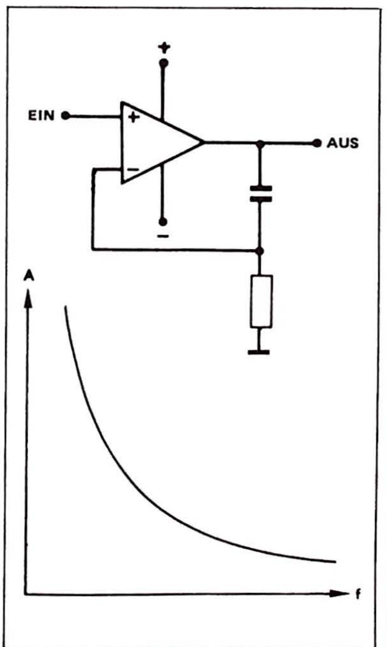


Bild 2. *Ein Kondensator bewirkt hier eine frequenzabhängige Gegenkopplung.*

Der Verstärker

Bild 3 zeigt die gängige Transistorstufe zur Verstärkung von Wechselspannungen; selbstverständlich ändert sich von Fall zu Fall die Dimensionierung.
Die Stufe soll zunächst statisch betrachtet werden, d.h. als Eingangsspannung wird eine Gleichspannung angenommen. Am Emitter ist die Spannung immer um einen bestimmten Betrag von 0,6...0,7 V niedriger als an der Basis, somit ergibt sich für eine angenommene Basisspannung von 2 Volt eine Emitterspannung von ca. 1,4 Volt. Diese Spannung steht über dem Widerstand R2. Nach dem Ohmschen Gesetz fließt somit ein Emitterstrom (der praktisch den gleichen Betrag hat wie der Kollektorstrom) von 36 Mikro-Ampere. Der Basisstrom ist um den Verstärkungsfaktor des Transistors geringer.
Der Emitterstrom fließt ebenfalls im Kollektor und durch den Kollektorwiderstand. Dieser Widerstand R1 hat den 10fachen Wert von R2, somit beträgt der Spannungsabfall an R1 ca. 14 Volt. Nimmt nun die Basisspannung um 0,1 V ab, so folgt der Emitter, denn die Differenz zwischen Basis- und Emitterspannung bleibt konstant. Der Emitterstrom verringert sich, der Kollektorstrom erzeugt jedoch an R1 einen um das 10fache höhere Spannungsänderung, nämlich 1 Volt. Mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes kann man diese Aussage leicht kontrollieren.
Betrachtet man die angenommene Änderung der Basisspannung als dynamischen Vorgang, d.h. man betrachtet die Basisspannung als eine Wechselspannung, die sich zwischen zwei Zeitpunkten um 0,1 Volt geändert hat, so zeigt das Beispiel, daß die Wechselspannung am Kollektor verstärkt auftritt, hier hat sich die Spannung nämlich um 1 Volt geändert. Schlußfolgerung: Für Wechselspannung hat die Schaltung den Verstärkungsfaktor 10; maßgebend ist das Verhältnis der Widerstände R1 und R2.

Wechselspannungsverstärkung

Die Transistorstufe in Bild 3 hat einen Verstärkungsfaktor von 10, wie gezeigt

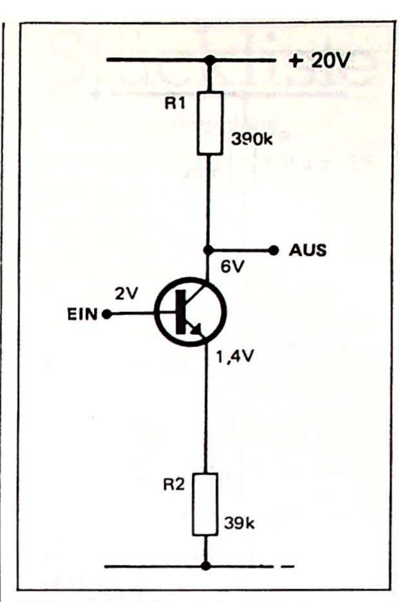


Bild 3. *Der Verstärkungsfaktor dieser Stufe bestimmt sich durch R1 und R2.*

wurde, es ist aber viel mehr erforderlich, wie erwähnt, denn die Spannungsverstärkung muß 200fach betragen, und mit einem vernünftigen Gegenkopplungsfaktor von ca. 50fach ergibt sich bereits eine Leerlaufverstärkung von 10.000. Wollte man diesen Faktor mit einer Stufe nach Bild 3 erzielen, so wären die Widerstände R1 und R2 in das Verhältnis 10.000 : 1 zu setzen.
Dabei tritt ein Problem auf, denn die Emitterspannung hätte einen sehr kleinen Betrag: Speisespannung geteilt durch 10.000! Die Basis müßte demnach im Ruhezustand sehr genau auf eine bestimmte Spannung eingestellt werden, die sich aus der Schwellenspannung von 0,6 Volt...0,7 Volt zuzüglich der sehr kleinen Emitterspannung ergibt. Die Schwellenspannung streut von Transistor zu Transistor aber bereits mehr als die Emitterspannung für eine solche Stufe, außerdem erfolgt die Gleichspannungseinstellung der Basis mit 5%-Widerständen. Praktisch läßt sich eine solche Schaltung nicht realisieren.
Man kann sich aber folgendes überlegen: Gegenüber der Dimensionierung in Bild 3 muß entweder der Wert von R1 herauf- oder der Wert von R2 herabgesetzt werden, jedoch *nur für Wechselspannung.*
Schaltet man zu R2 einen Kondensator parallel (Bild 4), so ändert sich an der Gleichspannungseinstellung der Stufe nichts, denn der Kondensator sperrt Gleichstrom. Für das zu verstärkende Wechselspannungssignal bedeutet diese Maßnahme jedoch, daß im Emitter nicht mehr R2, sondern der viel kleinere Widerstand R3 wirksam wird, der in Reihe zu dem Kondensator liegt. Im ersten Moment ist man versucht, R3 wegzulas-

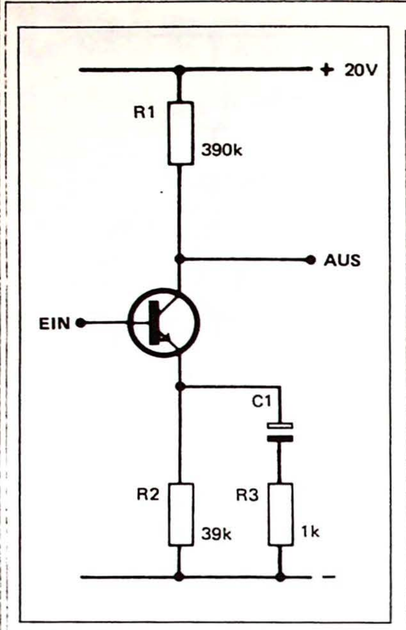


Bild 4. *Höhere Verstärkung mit C1/R3.*

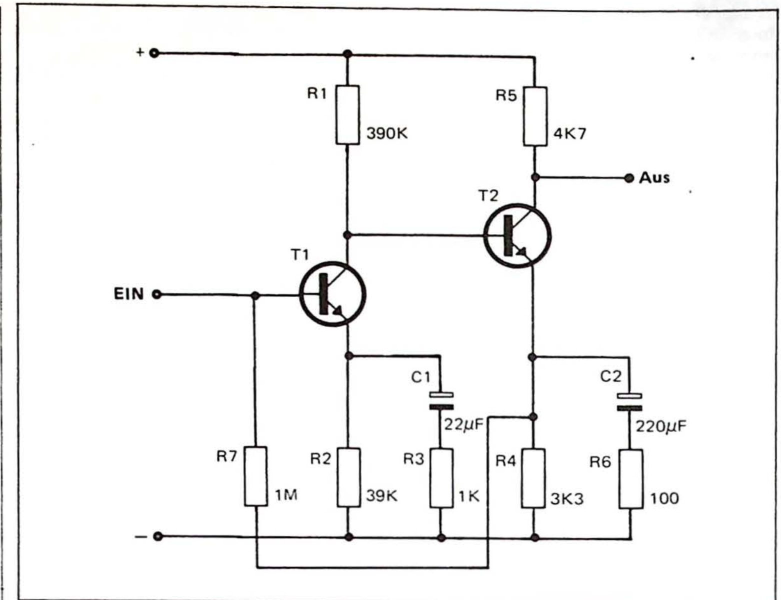


Bild 6. *Die Schaltung aus Bild 5 ist hier um die Gleichspannungseinstellung erweitert.*

sen, dann wird der Verstärkungsfaktor nämlich noch größer. Wie groß? Das bestimmen dann die Eigenschaften des betreffenden Transistorexemplares, und das ist zu unsicher, weil man vorher nicht weiß, welche Daten die Stufe nachher hat. Deshalb beschränkt man sich besser auf einen bestimmten Wert, den die Schaltung dann auch sicher einhält. Der Verstärkungsfaktor beträgt mit der angegebenen Dimensionierung R1 : R3 = 390. Das ist noch zu wenig, somit ist eine zweite Verstärkerstufe unvermeidlich.

Die zweite Stufe

Schließt man an die Transistorstufe aus Bild 4 eine zweite an, so entsteht die Schaltung nach Bild 5. Die Kollektorspannung von T1 nimmt etwas ab, da über R1 jetzt auch der Basisstrom der zweiten Stufe fließt. Mit 4 Volt Basisspannung beträgt die Emitterspannung ca. 3,4 Volt, so daß der Emitter- (Kollektor-) Strom mit R4 = 3,3 k-Ohm ca. 1 Milliampere beträgt. An R5 erzeugt dieser Strom ca. 4,7 Volt Spannungsabfall, so daß die Kollektorspannung einen Betrag von 20 V - 4,7 V = 15,3 V hat. Die Gleichspannungsverstärkung beträgt R5 : R4 = 1,4, für die Wechselspannungsverstärkung dagegen gilt
R5 : R6 = 47.
Die Gesamtverstärkung der Schaltung ist nicht ganz das Produkt aus den Einzelfaktoren, weil die zweite eine Belastung der ersten darstellt und den wirksamen Kollektorwiderstand herabsetzt, so daß er nicht mehr mit 390 k-Ohm angesetzt werden kann. Der gewünschte Verstärkungsfaktor von 10.000 wird aber mit Sicherheit erreicht.

Gleichspannungsgegenkopplung

Bisher wurde auf die Gleichspannungseinstellung der ersten Transistorstufe - normalerweise dient dazu ein Basisspannungsteiler - nicht eingegangen; auch der Grund, warum bei jedem Bild die Gleichspannungswerte eingezeichnet sind, blieb unerwähnt. Diese Dinge haben einen gemeinsamen Grund.
Die Differenzspannung am Kollektor von T1 in Bild 5 beträgt 2,6 Volt. Steigt die Spannung an der Basis aus irgendeinem Grund um 0,1 Volt an, so folgt die Emitterspannung um den gleichen Betrag. Die Spannungsänderung am Kollektor ist aber gleich das Zehnfache, und zwar zu niedrigeren Werten, so daß die Differenzspannung Kollektor/Emitter nur noch knapp über 1 Volt liegt. Wenn

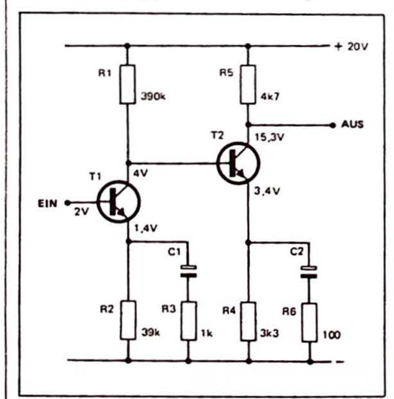


Bild 5. *Mit einer zweiten Stufe ist der Verstärkungsfaktor ausreichend hoch.*

sich die Einstellung der Stufe derart stark verschoben hat, kann ein Signal nicht mehr sauber verstärkt werden, denn es enthält positive Spitzenwerte, bei deren Auftreten der Transistor dann fast schon „zu“ ist. Steigt dagegen die Differenzspannung aus irgendeinem Grund an, so ist die Sache ebenso kritisch, weil dann die Basisspannung von T2 schnell zu hohe Werte annimmt.
Es ist also unumgänglich, die Basisspannung von T1 irgendwie konstant zu halten.
Bild 6 zeigt eine sehr einfache und gute Lösung. Am Emitter von R4 steht eine Spannung, die man einfach anzapft, indem man über R7 einen Strom in die Basis von T1 leitet. Der Widerstand ist so auf die Emitterspannung von T2 abgestimmt, daß in T1 gerade so viel Basisstrom fließt, daß sich an Kollektor und Emitter die gewünschten Spannungszustände einstellen. Wenn jetzt die Basis von T1 „hochgehen“ will, nimmt die Kollektorspannung desselben Halbleiters um den zehnfachen Betrag ab, ebenso die Emitterspannung von T2, die ja konstant um 0,6...0,7 Volt niedriger liegt. Somit fließt über R7 ein geringerer Basisstrom zu T1, die Basisspannung nimmt wieder ab. Es stellt sich ein stabiles Gleichgewicht ein.

Gesamtschaltbild

Bild 7 zeigt die endgültige Schaltung, sie enthält jetzt die Bauelemente R9...R11 sowie C4, C5, sie bilden ein Gegenkopplungsnetzwerk, das bei Bedarf in Aktion treten und beliebig dimensioniert werden kann. Um der Schaltung einen uni-

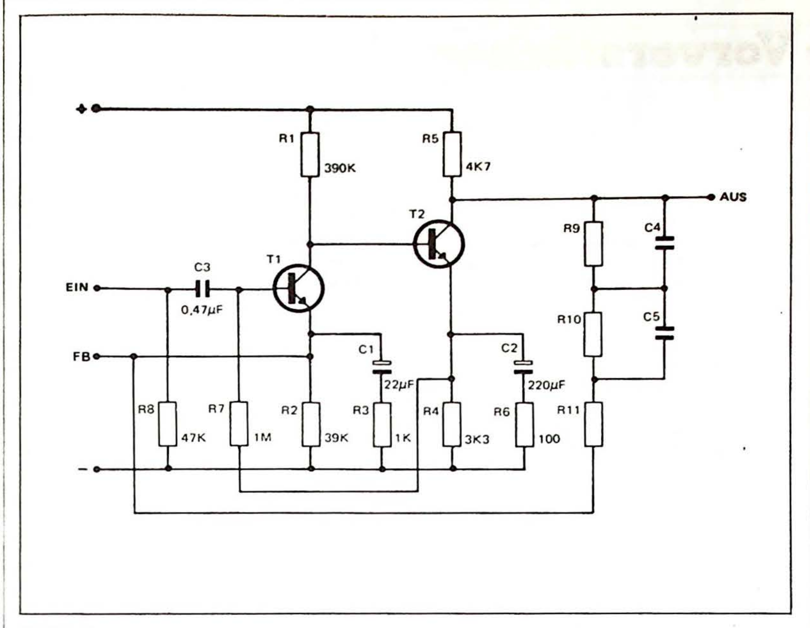


Bild 7. *Gesamtschaltung. Für R2, R3, R7...R11 empfehlen sich Metallfilmwiderstände.*

versellen Charakter zu geben, wurde der mit FB bezeichnete Schaltungspunkt der ersten Stufe herausgeführt (FB = Feedback = Rück- oder Gegenkopplung). Somit kann auch außerhalb des Prints ein Gegenkopplungsnetzwerk zwischen Aus- und FB-Eingang angeschaltet werden. Wenn Bedarf auf umschaltbaren Frequenzgang besteht, kann der FB-Eingang zweckdienlich benutzt werden.
Am Eingang sind zwei zusätzliche Bauelemente R8 und C3 festzustellen, sie sorgen für Gleichspannungsfreiheit des Eingangs, wofür die angeschlossene Signalquelle immer sehr dankbar ist.
Der Ausgang dagegen ist absichtlich nicht gleichspannungsfrei. Die meisten Verstärker sind mit einem Trennkondensator im Eingang ausgestattet, ein weiterer im Ausgang des Vorverstärkers würde zu diesem in Reihe liegen und die geringere Kapazität der Reihenschaltung hätte eine schlechtere Übertragung der tiefen Frequenzen zur Folge. Am besten ist es, wenn man sich von Fall zu Fall überzeugt und ggf. einen Trennkondensator vorsieht.

Bauhinweise

Der Bestückungsplan weist aus, daß der Print alle Bauelemente einschließlich der des Gegenkopplungsnetzwerkes aufnehmen kann. Die nächsten Seiten bringen zwei Beispiele für die Bestückung.
Die Speisespannung der Schaltung sollte im Bereich 20...25 Volt liegen.
Die Stückliste gibt eine Bestückung ohne jedwede printinterne Gegenkopplung an, die Plätze R8...R11 und C4, C5 bleiben unbesetzt. Der Universelle Vorverstärker dient in dieser Ausführung, allerdings mit außen zugeschalteter Gegenkopplung, als Funktionsgruppe im Puzzleverstärker.
Wie die Fotos zeigen, bilden vier (mit externer Gegenkopplung fünf) kräftige, gebogene Drähte (s. Stückliste) die elektrische und mechanische Verbindung zu einem weiteren Print, wenn man den Vorverstärker rechtwinklig dazu montieren will, wie beim Mischmodul vorgesehen.

Stückliste

Ohne Gegenkopplung

WIDERSTÄNDE 1/4 Watt, 5%

R1 = 390 k-Ohm
R2 = 39 k-Ohm
R3 = 1 k-Ohm
R4 = 3,3 k-Ohm
R5 = 4,7 k-Ohm
R6 = 100 Ohm
R7 = 1 M-Ohm
R8 = –
R9 = –
R10 = –
R11 = –

KONDENSATOREN

C1 = 22 µF, 16 Volt, RM 5
C2 = 220 µF, 16 Volt, RM 5
C3 = 470 nF, MKH, RM 7,5
C4 = –
C5 = –

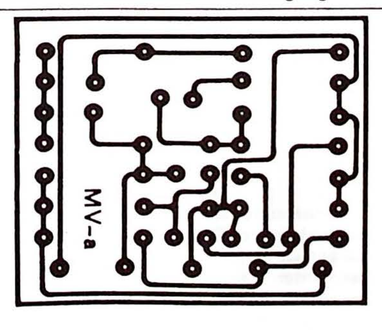
HALBLEITER

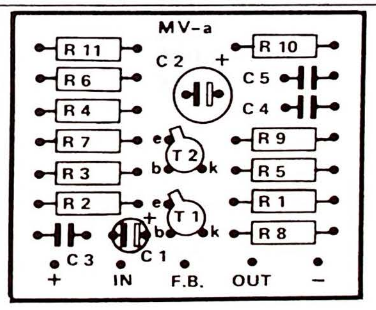
T1 = BC 109 oder äquiv., z.B. BC 549
T2 = BC 107 oder äquiv., z.B. BC 547

SONSTIGES

1 x 10 cm blanker, verz. Draht, ϕ 1 mm
1 x Print nach Bild 8/9

Baukosten-Voranschlag
DM 7.50





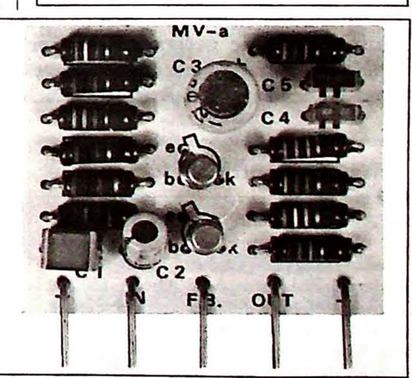
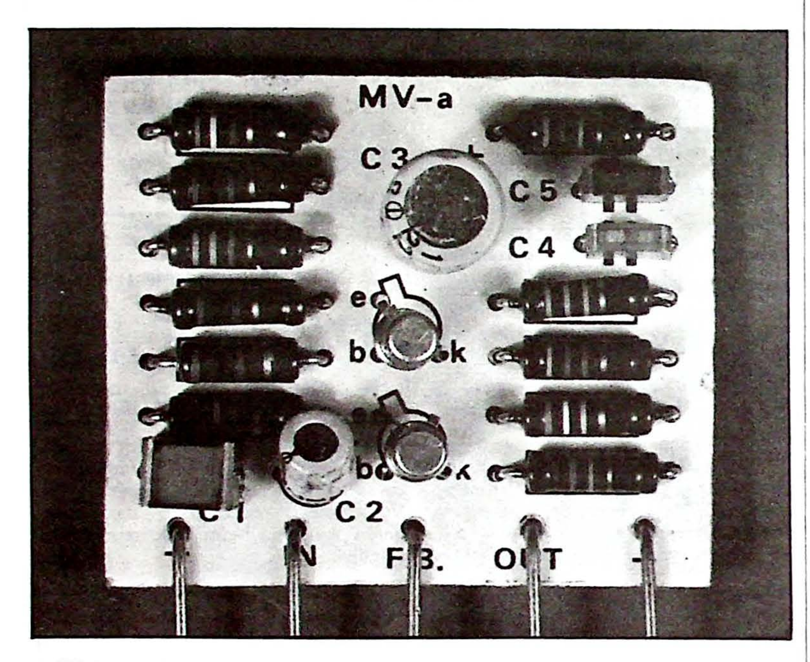


Bild 8, 9. *Die beiden Seiten des Prints. Alle Anschlüsse liegen auf einer Seite. Der Print nimmt die Bauelemente eines Kanals auf.*

Der Universelle Vorverstärker als RIAA-Entzerrer-Verstärker



In der letzten Ausgabe (Heft 4/79) findet sich unter dem Titel „Was bedeutet...?" ein Beitrag, der sich mit der RIAA-Schneidkennlinie von Schallplatten und ihrer Entzerrung beschäftigt. Der Beitrag begründet die Notwendigkeit der Frequenzgangkorrektur nach dem Abtasten der Schallplatte.
Der zuvor beschriebene Universelle Vorverstärker ist zur Entzerrung der Schneidkennlinie geeignet, wenn er in bestimmter Weise dimensioniert wird. Der „RIAA-Entzerrer-Vorverstärker" bildet bei Bedarf einen Bestandteil des in dieser Ausgabe beschriebenen Mischmoduls.

Was muß korrigiert werden?

Die Aufnahmekennlinie von Schallplatten, die sogenannte Schneidkennlinie, wünscht man sich so, daß man bei der Wiedergabe das aus dem Abtastelement kommende Signal nur zu verstärken braucht, um aus den Boxen oder aus dem Kopfhörer den Schall mit ausreichender Lautstärke heraus zu bekommen. Warum eine solche Aufzeichnung nicht möglich ist, bzw. eine äußerst unbefriedigende Wiedergabe zur Folge hätte, ist in dem erwähnten Beitrag der letzten Ausgabe erklärt.

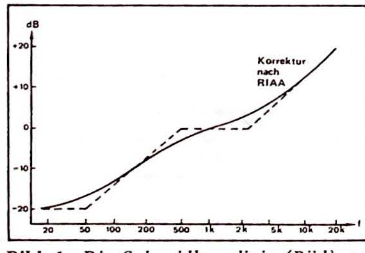


Bild 1. *Die Schneidkennlinie (Bild) erfordert einen Korrektur-Vorverstärker.*

Die nach dem Abtasten erforderliche Korrektur des Frequenzgangs geht aus Bild 1 hervor. Die theoretische RIAA-Aufnahme-Kennlinie (gestrichelte Linie) weist an drei Stellen einen scharfen Knick auf. Oberhalb von 2120 Hertz ist eine Absenkung des Frequenzgangs erforderlich, unterhalb von 500 Hertz eine Anhebung, jedoch nur bis zu einer unteren Grenze von 50 Hertz. Die scharfen Knicke, die die Korrekturkurve fordert, lassen sich mit gewöhnlichen elektronischen Mitteln nicht erzielen, diese Stellen sind in der Praxis mehr oder weniger verrundet.

Schaltungsteil für Höhen-Korrektur

Die Grundlage des Korrekturverstärkers bildet ein Verstärkerbaustein mit frequenzunabhängiger Gegenkopplung (Bild 2, ohne C1). Diese Schaltung hat bei 1 Kilohertz eine bestimmte Verstärkung, die mit 0 dB bezeichnet wird. Dieser Verstärkungsfaktor hängt von den Widerstandswerten R1, R2 ab.

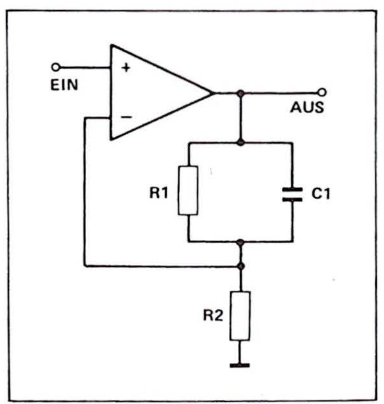


Bild 2. *Mit dem Parallelkondensator C1 ist die Gegenkopplung frequenzgängig, Signalanteile mit Frequenzen, die über 2120 Hertz liegen, werden abgeschwächt.*

Schaltet man zu R1 einen Kondensator C1 parallel, so verhält sich dieser bei sehr hohen Frequenzen wie ein Kurzschluß parallel zu R1, das Ausgangssignal wird vollständig auf den invertierenden Eingang gegengekoppelt und der Verstärkungsfaktor hat für diese hohen Frequenzen nur noch den Betrag 1.
Bei niedrigeren Frequenzen ist der Einfluß von C1 geringer, und unterhalb einer bestimmten Frequenz kann der Einfluß des Kondensators außer Acht bleiben. Durch geeignete Wahl der Werte von R1 und C1 kann man erreichen, daß der Einfluß von C1 bei 2120 Hertz einsetzt. Damit ist der obere Teil der Korrekturkennlinie realisiert.

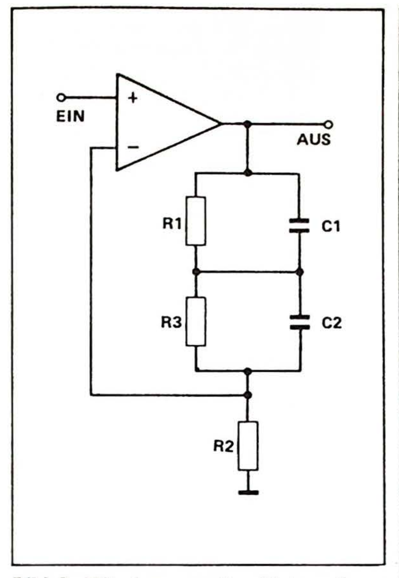


Bild 3. *Mit einem zweiten Netzwerk aus R3 und C2 kann eine Tiefenanhebung erreicht werden, sie ist aber relativ, d.h. die Gesamtverstärkung ist anzupassen.*

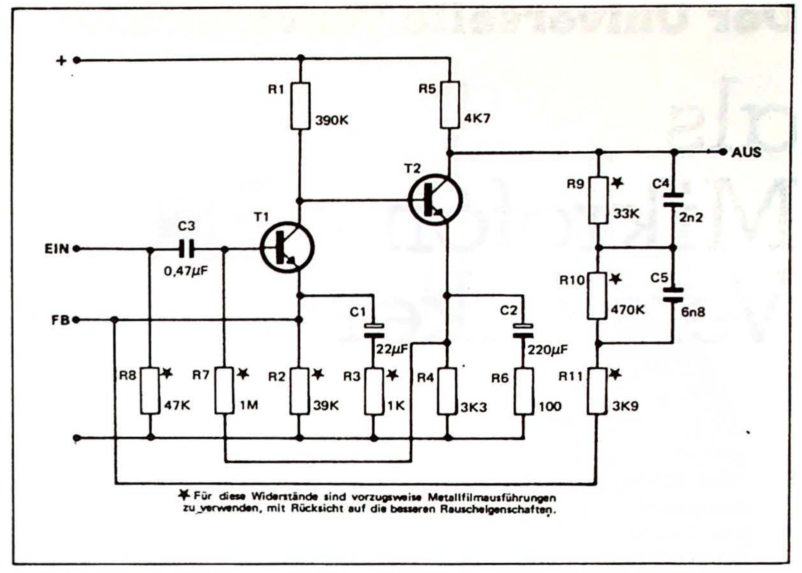


Bild 4. *Der Universelle Vorverstärker als RIAA-Entzerrer. Auch hier spielen wegen der hohen Gesamtverstärkung bis zum Ende der Übertragungskette (Lautsprecher) die Rauscheigenschaften der Bauelemente eine Rolle, so daß man bei kritischen Bauelementen bessere verwenden sollte, auch wenn sie teurer sind.*

Stückliste

RIAA-Entzerrer-Vorverstärker

WIDERSTÄNDE 1/4 Watt, 5%

R1 = 390 k-Ohm
R2 = 39 k-Ohm
R3 = 1 k-Ohm
R4 = 3,3 k-Ohm
R5 = 4,7 k-Ohm
R6 = 100 Ohm
R7 = 1 M-Ohm
R8 = 47 k-Ohm
R9 = 33 k-Ohm
R10 = 470 k-Ohm
R11 = 3,9 k-Ohm

KONDENSATOREN

C1 = 22 μF, 16 Volt, RM 5
C2 = 220 μF, 16 Volt, RM 5
C3 = 470 nF, MKH, RM 7,5
C4 = 2,2 nF, MKH, RM 7,5
C5 = 6,8 nF, MKH, RM 7,5

HALBLEITER

T1 = BC 109 oder äquiv., z.B. BC 549
T2 = BC 107 oder äquiv., z.B. BC 547

SONSTIGES

1 x 10 cm blanker, verz. Draht, ϕ 1 mm
1 x Print Univers. Vorverst.

Schaltungsteil für Tiefenanhebung

Ab einer bestimmten Frequenz muß zu niedrigeren Frequenzen hin eine Anhebung stattfinden, der Verstärkungsfaktor muß zunehmen. Der Wert von Widerstand R1 müßte frequenzabhängig sein, und zwar einen zu niedrigen Frequenzen hin zunehmneden Wert haben, damit die Gegenkopplung verringert wird. Dies erreicht man natürlich nicht durch Parallelschalten eines Kondensators. Aber mit einer Reihenschaltung geht es: Denkt man sich in Bild 3 den Widerstand R3 zunächst weg, so liegt C2 in Reihe zu R1; den schon besprochenen C1 kann man sich ebenfalls wegdenken, er spielt nur eine Rolle bei den hohen Frequenzen, die hier nicht betrachtet werden. Der Wert des Reihenkondensators C2 wird so gewählt, daß er bei 1 Kilohertz auf jeden Fall ein Kurzschluß ist und keine Wirkung hat. Bei niedrigeren Frequenzen jedoch nimmt der Gesamtwiderstand von R1 und C2 zu, die Gegenkopplung verringert sich und der Verstärkungsfaktor wird höher. Bei entsprechender Dimensionierung setzt dieser Einfluß bei 500 Hertz ein. Damit ist ein zweiter „Knick" im Frequenzgang erreicht.

Kritischer Bereich unter 50 Hertz

Dank der Tiefenanhebung werden die niedrigsten Frequenzen „am meisten" verstärkt. In diesem Bereich liegen auch die Rumpelgeräusche, die von der Mechanik des Abspielgerätes herrühren. Sie erfordern eine Gegenmaßnahme im Frequenzbereich unter 50 Hertz, hier ist eine Anhebung, genauer: eine Zunahme der Anhebung mit abnehmender Frequenz nicht mehr erwünscht.

Bild 3 zeigt parallel zu C2 den Widerstand R3. Er verhindert, daß die Gegenkopplung im Bereich sehr niedriger Frequenzen, bei denen C2 seinen höchsten Wechselstromwiderstand hat, völlig verschwindet, er sorgt also für eine minimale Restgegenkopplung.

Damit sind alle Maßnahmen zur Korrektur bzw. Entzerrung der Schneidkennlinie getroffen.

Bauhinweise

Bild 4 zeigt das Schaltbild des vollständigen Entzerrer-Vorverstärkers für einen Kanal. Printlayout und Bestückungsplan finden sich im vorstehenden Beitrag über den Universellen Vorverstärker, für die Bestückung ist die hier angegebene Stückliste maßgebend.

Zu beachten ist, daß der Universelle Vorverstärker einkanalig ist, es sind somit in Stereo zwei Prints erforderlich.

Baukosten-Voranschlag

DM 8.50

Der Universelle Vorverstärker

als Mikrofon-Verstärker

Eine der häufigsten Aufgaben von Verstärkern ist die Anhebung der Signalamplitude von Mikrofonen. Auch das an anderer Stelle in dieser Ausgabe beschriebene Mischpult enthält einen Mikrofonverstärker, für den sich der Print des Universellen Vorverstärkers eignet.
Die Schaltung, um die es hier geht, läßt sich im Prinzip an fast allen Mikrofonen verwenden. Insbesondere kommen jedoch dynamische Mikrofone in Betracht, denn die preiswerten Kristalltypen geben zwar eine sehr viel höhere Spannung ab, sind jedoch wegen ihrer miserablen Eigenschaften indiskutabel, sie passen nicht mehr zu den Qualitäten, die man heute von der Elektronik erwartet. Der Verstärkungsfaktor der hier beschriebenen Schaltung hat den Betrag, der für die „sauberen", aber relativ unempfindlichen dynamischen Mikrofone erforderlich ist.

Der Verstärkungsfaktor

Um den Universellen Vorverstärker hinter einem Mikrofon zu betreiben, ist eine Einstellung der Gegenkopplung erforderlich, damit ein bestimmter Verstärkungsfaktor eintritt. Diese Einstellung geschieht mit einem Widerstand.
Zunächst ist deshalb der Verstärkungsfaktor zu bestimmen. Er ergibt sich aus dem Verhältnis von gewünschter Ausgangsspannung zu vorhandener Eingangsspannung.
Die erforderliche Ausgangsspannung wird hier mit 77,5 Millivolt angesetzt, dies ist nämlich die Spannung für den Eingang eines Mischmoduls im P.E.-Mischpult, wenn an dessen Ausgang ein Leistungsverstärker mit Standard-Eingangsempfindlichkeit angeschlossen ist.
Die Empfindlichkeit dynamischer Mikrofone (Umsetzungsfaktor Mikrofonspannung/Schalldruck) ist zwar typenabhängig, jedoch kann man für die gängigen Typen einheitlich 1,5 Millivolt ansetzen. Nur sehr teure Mikrofone in einer Preisklasse, die sich mit vier Ziffern (vor dem Komma, ohne MwSt.) schreibt, haben eine deutlich niedrigere Empfindlichkeit, sie sollen jedoch für den hier vorgesehenen Einsatz außer Betracht bleiben, da es sich um Meßmikrofone handelt.

Kurz: Aus 1,5 mV müssen 77,5 mV werden, der Verstärkungsfaktor hat den Betrag 52.

Gegenkopplung

Bild 1 zeigt den Universellen Vorverstärker mit Gegenkopplung. Wie vorher bereits gezeigt wurde, bestimmt sich der Verstärkungsfaktor nach der Formel

$$A = \frac{R1 + R2}{R2}$$

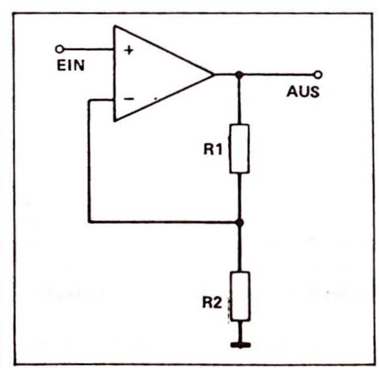
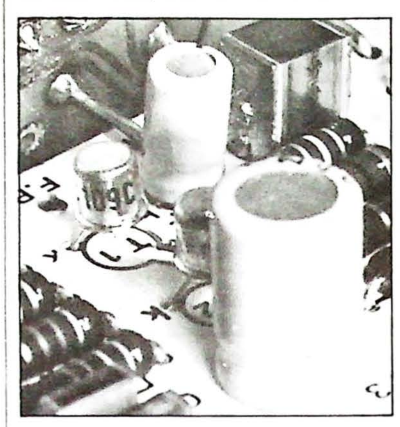


Bild 1. *Die normale Ausführung einer Gegenkopplung, wenn ein gerader Frequenzgang erreicht werden soll.*

Der Verstärkungsfaktor A muß den Betrag 52 haben. R2 ist eine bekannte Größe, nämlich die Impedanz des Gegenkopplungs-Einganges, sie beträgt 1 k-Ohm. Nach Umstellung der Formel entsteht folgender Ausdruck

$$R1 = (52 \cdot 1000) - 1000 \text{ [Ohm]}$$

Das Ergebnis lautet somit 51 k-Ohm. Man nimmt einen benachbarten Wert der E12-Reihe, also z.B. 56 k-Ohm.



Maßnahmen gegen wildes Schwingen

Im allgemeinen wird man die Schaltung als bereits vollständig betrachten. Ein erfahrener Elektroniker weiß jedoch, daß bestimmte Schaltungen einem gemeine Streiche spielen können, er ist also mißtrauisch. Weist eine Schaltung zwischen Aus- und Eingang einen großen Verstärkungsfaktor auf, so ist auch die Gefahr gegeben, daß sich die Anordnung als Sender aufführt. Ursache sind u.a. die Kapazitäten der Kupferbahnen und/oder Anschlußdrähte, die mit den Ein- und Ausgängen in Verbindung stehen. Sie bewirken u.U. eine Rückkopplung des verstärkten Signals vom Ausgang auf den Eingang. Da die Rückkopplungslei-

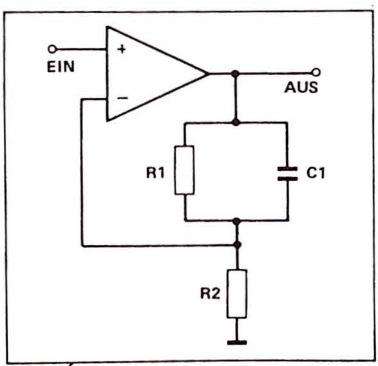


Bild 2. *Um Schwingneigung zu unterdrücken, wird die Gegenkopplung für hohe Frequenzen mit C1 stärker gemacht.*

Stückliste

Mikrofon-Vorverstärker

WIDERSTÄNDE 1/4 Watt, 5%

R1 = 390 k-Ohm
R2 = 39 k-Ohm
R3 = 1 k-Ohm
R4 = 3,3 k-Ohm
R5 = 4,7 k-Ohm
R6 = 100 Ohm
R7 = 1 M-Ohm
R8 = 22 k-Ohm
R9 = Drahtbrücke
R10 = 56 k-Ohm
R11 = Drahtbrücke

KONDENSATOREN

C1 = 22 µF, 16 Volt, RM 5
C2 = 220 µF, 16 Volt, RM 5
C3 = 470 nF, MKH, RM 7,5
C4 = –
C5 = 68 pF, ker. Scheibe

HALBLEITER

T1 = BC 109 oder äquiv., z.B. BC 549
T2 = BC 107 oder äquiv., z.B. BC 547

SONSTIGES

1 x 10 cm blanker, verz. Draht, ϕ 1 mm
1 x Print Univers. Vorverst.

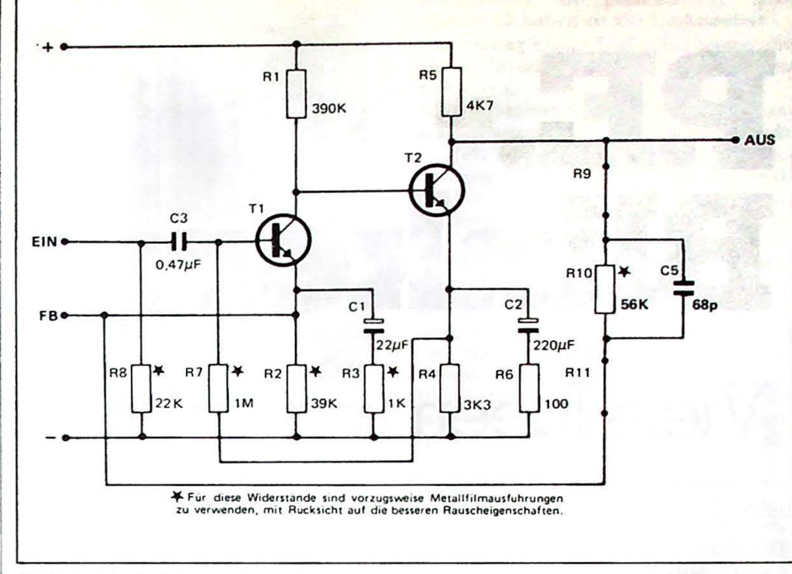
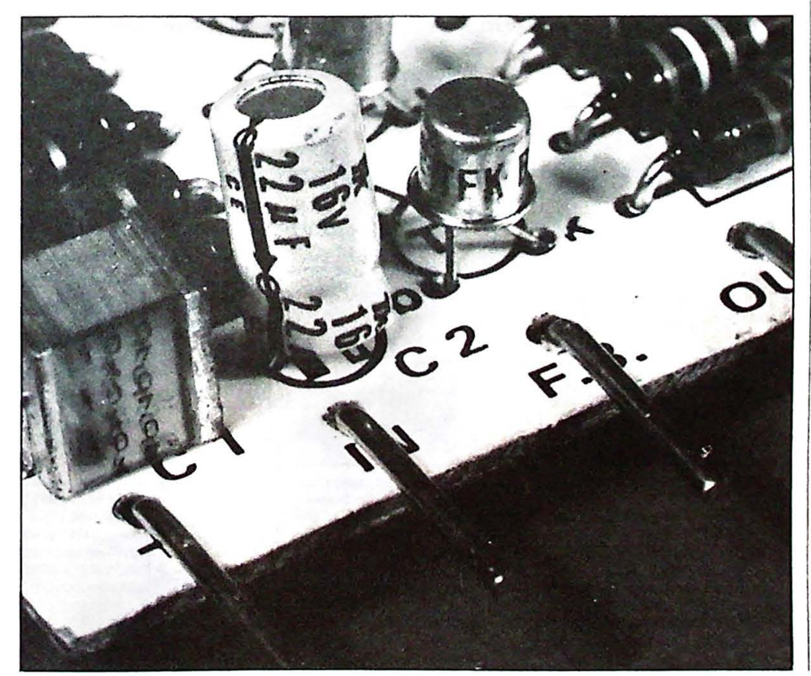


Bild 3. *Die Schaltung des Mikrofon-Vorverstärkers für einen Kanal. Je kleiner die Signalamplitude ist, um so mehr Verstärkung ist erforderlich, bis das Signal das Ende der Verstärkerkette erreicht hat; deshalb macht sich das Eigenrauschen der Bauelemente gerade im Mikrofonverstärker besonders leicht bemerkbar (s. Text im Bild).*

tung von (kleinen) Kapazitäten gebildet wird, gelangen bevorzugt höherfrequente Signale auf den Eingang. Wenn diese Signale gegenphasig sind, also am Ausgang „auf dem Kopf stehen" (bezogen auf die Phasenlage am Eingang), dann kann nichts passieren. Bei gleicher Phasenlage und ausreichendem Verstärkungsfaktor ist jedoch die Schwingbedingung eines Oszillators erfüllt. Der unkontrolliert schwingende Verstärker ist als solcher nicht mehr zu verwenden.

Diese unerwünschte Erscheinung tritt auf jeden Fall nur bei hohen Frequenzen auf, die weit außerhalb des geforderten Übertragungsbereiches der Schaltung liegen.

Somit ist es möglich, mit einem in seiner Kapazität kleinen Kondensator den Verstärker für hohe Frequenzen gegenzukoppeln, ohne daß die Übertragung der hohen Frequenzen des Nutzsignals beeinträchtigt wird. Es entsteht die in Bild 2 angegebene Schaltung.



Bauhinweise

Wenn die in Bild 2 angegebene Gegenkopplung auf dem Print des Universellen Vorverstärkers praktisch ausgeführt wird, entsteht die Schaltung des Mikrofonverstärkers nach Bild 3. Maßgebend für die Gesamtbestückung des Prints ist die Stückliste „Mikrofonverstärker" auf dieser Seite.

Baukosten-Voranschlag

DM 8.-

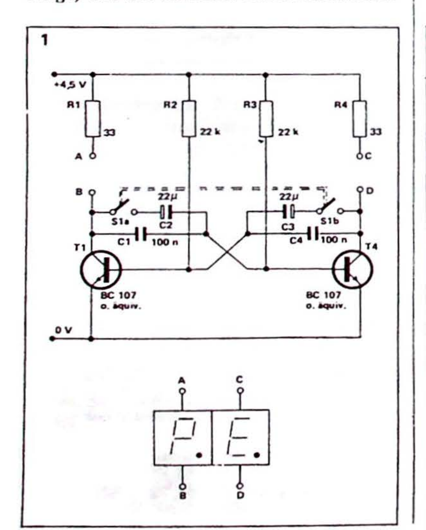
P.E.-Blinker

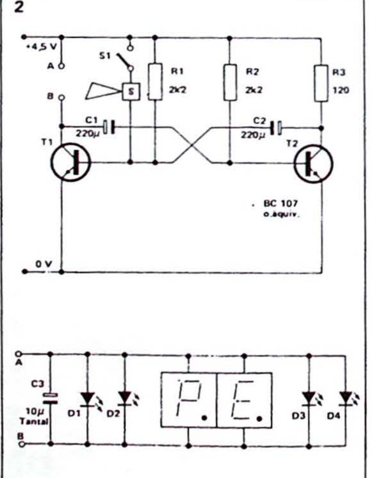


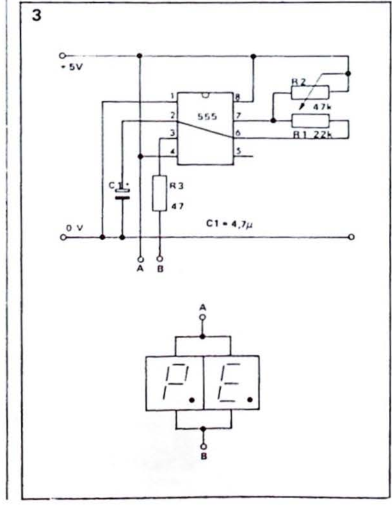
Viele Ideen und interessante Details

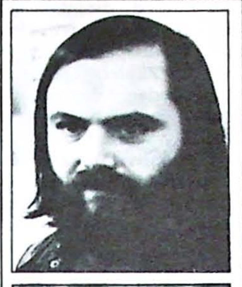
Die Hobby-tronic in Dortmund, die dieses Jahr zum zweitenmal stattfand, war wieder sehr gut besucht. Ca. 47.000 Besucher bedeuten eine Steigerung um ca. 32 % gegenüber dem Vorjahr. Übrigens gab es bei einigen Ausstellern Sonderangebote zu extrem niedrigen Preisen.
Das Foto auf dieser Seite zeigt, wie groß auch dieses Jahr wieder das Gedränge war. Am P.E.-Stand war man gespannt, ob es P.E.-Blinker geben würde. Schließlich war die Zeit zwischen der Veröffentlichung des Vorschlags, so ein Ding zu basteln und mitzubringen und dem Messetermin recht kurz. Wir wurden angenehm überrascht, denn es waren am Ende der Messe neun Leser, die ihre Trickkiste aufgemacht hatten. Überraschend waren die unterschiedlichen Lösungen der gestellten Aufgabe. So gab es diskret und mit ICs aufgebaute astabile Multivibratoren, eine Lösung mit Timer-IC, eine Schaltung mit dem Zähler 7490 und einmal gar P.E. im Morse-Code.
Auf diesen Seiten stellen wir einen Teil der Erfindungen und die Erfinder selbst vor. Die gezeigten Schaltungen enthalten interessante Details als Anregung für alle, die irgendwelche Blinker, z.B. für die eigenen Initialen, Modelle usw. bauen wollen.

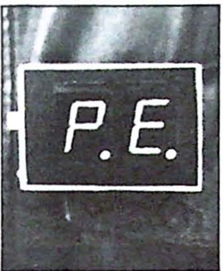
Das erfreulichste Ergebnis der „Blinker-Aktion" ist wohl die Tatsache, daß viele P.E.-Leser offenbar nicht stur nach Stückliste oder Bausätze bauen. Wir haben die neun Akteure nicht danach gefragt, wie sie zu ihren Elektronikkenntnissen gekommen sind, aber es ist sicher nicht auszuschließen, daß der eine oder andere sich mit Hilfe der beliebten, ausführlichen Funktionsbeschreibungen in dieser Zeitschrift die Kenntnisse angeeignet hat, die es ihm jetzt ermöglichen, selbsterdachte Schaltungen zu entwickeln. Sieht man sich die Schaltungen etwas genauer an, so sind einige wenige Sachen zu erkennen, die man im allgemeinen in etwas anderer Form macht. Das soll aber kein Grund sein, diese Schaltungen





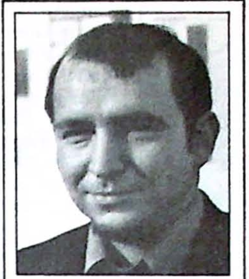


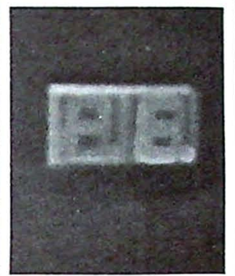






Rolf Hermann, Krefeld. Die Schaltung ist in ein handelsübliches Miniatur-Gehäuse eingebaut, der Schalterknebel sitzt auf einer Seite. Bei auf „schnell" geschaltetem AMV ist die Blinkfrequenz so hoch, daß beide Displays gleichzeitig zu leuchten scheinen. Stromversorgung aus 4,5 Volt-Flachbatterie.





Karl Jantschke, Ketsch. Diskret aufgebauter AMV, Buchstaben getrennt in den Kollektorleitungen. Dank unterschiedlicher Kapazitätswerte läßt sich (abhängig von der Schaltung) einer der beiden Buchstaben zeitlich betonen. Die Dimensionierung der Schaltung wurde rechnerisch begründet.





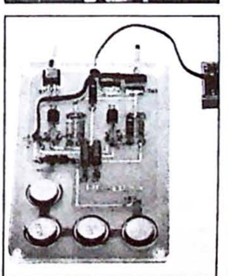
Werner Pohlenz, Herne. Er wählte die Lösung mit dem als AMV geschalteten Timer-IC 555, im 8poligen DIL-Gehäuse. Die Frequenz ist mit Poti kontinuierlich einstellbar. Fünf Bauelemente zuzüglich der Batterie und der beiden großen, 19 Millimeter hohen Displays.





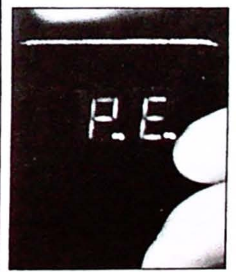
Klaus Thewissen, Krefeld. Seine Blinkerschaltung ist auf einem Mikro-Experimentier-Print aufgebaut und summt auf Wunsch. Die Displays sind auf Lochrasterplatte montiert, eine Anstecknadel ist hinten aufgelötet. Für das Loch im Anzugfutter (Kabeldurchführung) gab es Entschädigung.





Karlheinz Battermann, Bad Lauterberg. Schaltungsaufbau auf Print P.E.-BL-a, Display auf Print P.E.-BL-b. Der diskret aufgebaute AMV wird aus vier Knopfzellen je 1,5 Volt gespeist. Das Gehäuse ist ganze 10 mm dick! Displays mit passend gebogener, roter Plexischeibe abgedeckt. Typ: Professional.





Stefan Undeutsch, Mainz. AMV mit 1/2 x 7413. In der Kollektorleitung des nachgeschalteten Treibertransistors liegen alle Buchstaben-Segmente, die Dezimalpunkte werden getrennt gespeist, sie leuchten immer. Schaltungsbeschreibung mit P.E.-üblichem Baukostenvoranschlag: „DM 9,29 mit Gehäuse".

überarbeitet zu präsentieren, denn schließlich haben sie alle funktioniert.

Der Beitrag bringt fünf Schaltungen, die alle mehr oder weniger Besonderheiten aufweisen.

Welche Segmente und Pins der Siebensegmentanzeigen zu belegen sind, wurde in Heft 3, Seite 34 angegeben. Da zusammen - einschließlich der Dezimalpunkte - 12 Segmente betrieben werden, beträgt der Gesamtstrom 120 Milliampere, wenn man pro Segment den als Minimum anzusehenden Strom von 10 Milliampere ansetzt. Das ist für die gängigen Kleinleistungstransistoren (die Abkömmlinge des BC 107) fast schon etwas zu viel, allerdings ist der mittlere Strom natürlich niedriger, weil Blinkbetrieb ja Impulssteuerung bedeutet und somit die mittlere Stromaufnahme vom „Duty Cycle" (s. P.E. Heft 3/79, Seite 39) abhängt.

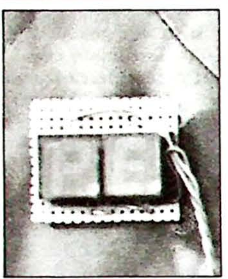
Vielleicht hat Leser Rolf Hermann mit Rücksicht auf die zulässige Verlustleistung der Transistoren die beiden Buchstaben getrennt. Sein Blinker 1 ist ein diskret aufgebauter astabiler Multivibrator (AMV). Die beiden Transistoren steuern sich wechselweise in den Leitzustand, so daß P. und E. abwechselnd aufleuchten. Die Blinkfrequenz hängt in solchen Schaltungen von den Widerstandswerten R2, R3 und den Kapazitätswerten ab. Im Blinker 1 sind die Kapazitätswerte umschaltbar und so gewählt, daß bei geschlossenem Schalter (hohe Kapazität) die Blinkfrequenz so niedrig ist, daß die Buchstaben getrennt aufleuchten. Bei geöffnetem Schalter sind nur C1 und C4 wirksam. Die Frequenz ist jetzt so hoch, daß das Auge die Leuchtpausen nicht mehr erkennt und beide Buchstaben gleichzeitig zu leuchten scheinen. Dieser Trick bildet übrigens auch die Grundlage der Multiplexsteuerung bei Anzeigen digitaler Meßgeräte.

Bei seinem Blinker 2 hat Leser Klaus Thewissen es gewagt, alle Segmente in die Kollektorleitung eines Transistors zu legen und zusätzlich noch vier weitere Einzel-LEDs zu betreiben. Beim mehrtägigen Dauerbetrieb ist trotzdem alles gutgegangen, obwohl im Segmentstromkreis kein Strombegrenzungswiderstand liegt. Die Besonderheit dieser Version ist der Miniatursummer S. Bei geschlossenem Schalter S1 summt es nicht nur, sondern die Blinkfrequenz ist höher, da S parallel zum Widerstand R1 liegt, der ja mitverantwortlich ist für die Frequenz. Der Effekt ist ganz gut.

Blinker 3 von Werner Pohlenz verwendet das Timer-IC 555 als AMV. Wie eine solche Schaltung arbeitet, wurde in P.E. Heft 6/78, Seiten 44 ff., anläßlich der Schaltung „Digital-Analog-Timer" ausführlich besprochen. Die Blinkfrequenz ist mit dem als variabler Widerstand geschalteten Poti einstellbar.

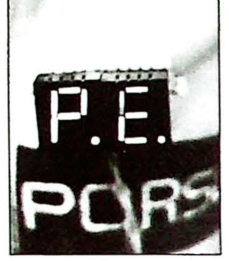
Reiner Wenke hat seinen AMV (Blinker 4) mit einem TTL-IC vom Typ 7413



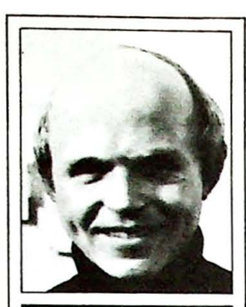


Reiner Wenke, Oldenburg. Die Schaltung mit der besten Effekt-Wirkung. Die Buchstaben werden vom Ausgang eines Zählers 7490 mit Logik-Signalen gesteuert, über je einen Treibertransistor. Die Blinkfrequenz ist einstellbar. Stromversorgung mit 4,5 V-Flachbatterie, Aufbau auf Lochrasterplatte.



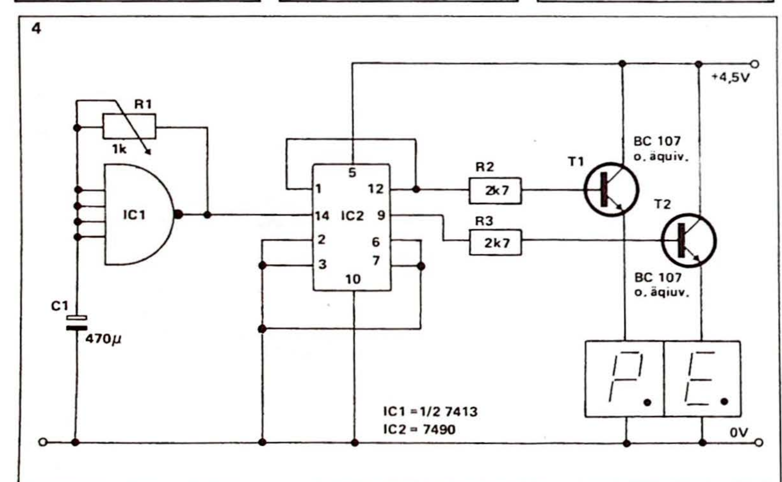


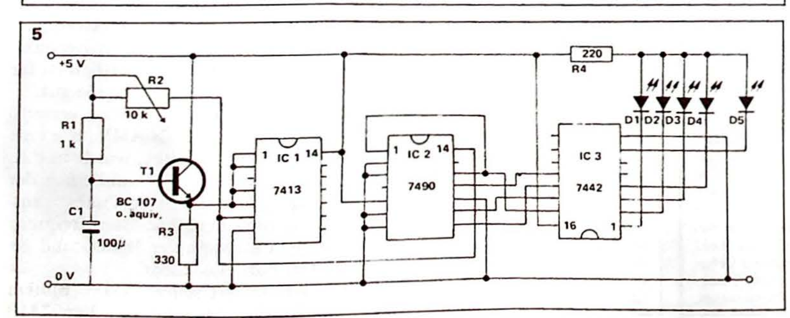
Karl-Heinz Steppuhn, Mülheim. Diskret aufgebauter AMV, in jeder Kollektorleitung ein Buchstabe. Parallel-Cs wie Blinker 1, jedoch sind sie einzeln schaltbar, daher vier Betriebsarten. Zusätzliche Einzel-LEDs in Serie zu den Buchstaben, daher fehlende Strombegrenzungswiderstände weniger kritisch.





Erhard Paul, Uslar. Der Morse-Blinker als gelungene Notlösung. Die Morse-Zeichen für P und E leuchten nacheinander auf. Der Aufbau wurde auf Lochraster-Platte vorgenommen, eine rote Acryl-Scheibe deckt die Bestückungsseite ab. Die Schaltung erfordert naturgemäß etwas mehr Aufwand.





aufgebaut. Jedoch wird die Anzeige nicht unmittelbar blink-gesteuert, vielmehr gelangt die Impulsspannung vom 7413-Ausgang auf den Zähleingang eines Zähler-ICs 7490. Von den Ausgängen C und D (Bezeichnungen im BCD-Code) werden über Leistungsstufen T1, T2 die beiden Anzeigen gesteuert. Es ergeben sich der Reihe nach folgende Zustände: beide Displays aus (D = L, C = L), P ist an, E ist aus (D = H, C = L), P ist aus, E leuchtet (D = L, C = H) und beide Buchstaben leuchten (D = H, C = H). Der Effekt ist prima. Allerdings ist die Steuerung der Displays ziemlich unkonventionell, denn es fehlen die Strombegrenzungswiderstände. Man könnte die Basiswiderstände als solche auffassen, dann kommt es aber sehr genau auf den Widerstandswert an, weil er sich nach dem Stromverstärkungsfaktor des betreffenden Transistorexemplares richtet, und diese Faktoren streuen ja bekanntlich sehr. Andererseits: Tun tut sie es, die Schaltung.

Not macht erfinderisch; wer keine Siebensegment-Anzeigen in der Kiste hat und auf die Schnelle auch keine besorgen kann, muß tricksen oder sich etwas Ausgefallenes einfallen lassen. Erhard Paul hat mit Einzel-LEDs (mit runden und den länglichen Anreih-LEDs) einen „Morse-Blinker" konstruiert. Der Code lautet für P: ·——· und für E: ·

Für jeden Punkt wird eine runde, für jeden Strich eine Anreih-LED verwendet. Die LEDs werden in einer Reihe montiert, dabei ist zwischen dem letzten Punkt des P und dem Punkt des E ein Abstand vorzusehen. Die Steuerung ist so ausgeführt, daß die LEDs nacheinander aufleuchten. Der AMV arbeitet mit dem 7413, um jedoch auf den zur Erzielung einer niedrigen Frequenz erforderlichen „dicken", großvolumigen Kondensator verzichten zu können, wurde der Transistor vorgeschaltet. Die Funktionsbeschreibung für diese Schaltungsvariante findet sich in P.E. Heft 2/76, im Rahmen der Schaltung „Carbophon". Vom Ausgang des Trigger-ICs gelangt das Impulssignal auf den Eingang eines Zählers 7490, der „normal" geschaltet ist, d.h. er absolviert den vollständigen Zyklus 0...9, an seinen vier Ausgängen D...A erscheinen die Zahlen im BCD-Code. Der Dekoder-Baustein 7442 setzt diesen Code in den Dezimal-Code um, so daß an den zehn Ausgängen des letzten ICs nacheinander L-Signale erscheinen, von denen jedoch nur fünf genutzt werden. Zwischen der vierten und der fünften LED sind zwei Ausgänge übersprungen, so daß zwischen dem letzten Zeichen des P und dem E eine zeitliche Lücke entsteht.

Wie die Beispiele zeigen, gibt es zahlreiche Varianten für Blinkschaltungen. Mit Dank an die Adresse der freiwilligen P.E.-Mitarbeiter geben wir die Anregungen an alle Leser weiter.

Puzzle-Verstärker

Teil 2: Netzteil

Für die Stromversorgung des in der Ausgabe 4/79 beschriebenen „Puzzle-Verstärkers", der praktisch ohne jede Verdrahtung auskommt, folgt hier das Netzteil. Es kann zwei der beschriebenen 20 Watt-Endstufen versorgen.
Wie bei Endverstärkern üblich, ist die Speisespannung nicht stabilisiert. Nachteile ergeben sich daraus nicht, wenn das Netzteil so ausgelegt ist, daß auch unter Vollast und bei maximaler Netzunterspannung die Speisespannung noch für die angegebene Nennleistung des Verstärkers ausreicht. Wie hoch die Speisespannung für einen 20 Watt-Verstärker mit Gegentaktendstufe sein muß, wird im Beitrag erläutert.
In der nächsten Ausgabe folgt die Beschreibung des Einstell-Bausteins, der mit vier Einstellern für Lautstärke, Balance, Höhen und Tiefen ausgestattet ist.

Zusammenhang zwischen Ausgangsleistung und Speisespannung

Wer die Schaltbilder von HiFi-Verstärkern etwas näher untersucht, stellt fest, daß diese Schaltungen mit einer ziemlich hohen Speisespannung arbeiten. So ist ein Wert von 50 Volt durchaus normal für einen 20- oder 25 Watt-Verstärker.
Bevor die Schaltung des Netzteils besprochen wird, soll zuächst kurz untersucht werden, warum solche hohen Werte der Speisespannung erforderlich sind.
Bild 1 zeigt die Ausgangsspannung eines mit einem Sinus gesteuerten Verstärkers. Diese Spannung, die am Lautsprecher als Verbraucher wirksam wird, ist in ihrer relativen Lage zur Speisespannung Ub eingezeichnet.
Beim Puzzle-Verstärker soll an einem 4 Ohm-Lautsprecher eine Leistung von 20 Watt erzeugt werden. Die erste Frage lautet somit, wie hoch die Signalspannung für diesen Fall sein muß. Die Leistungsformel lautet in ihrer allgemeinen Form

$$P = U \cdot I$$

P steht für die Leistung, U für die Signalspannung (Effektivwert, die Signalspannung ist eine Wechselspannung), I steht für den Strom.
Diese Formel ist nicht ganz die richtige, die hier gebraucht wird, weil 1. der Strom I nicht bekannt ist und 2. der bekannte Lautsprecherwiderstand gar nicht in der Formel vorkommt. Nach dem Ohmschen Gesetz läßt sich jedoch der Strom I in obiger Leistungsformel ersetzen:

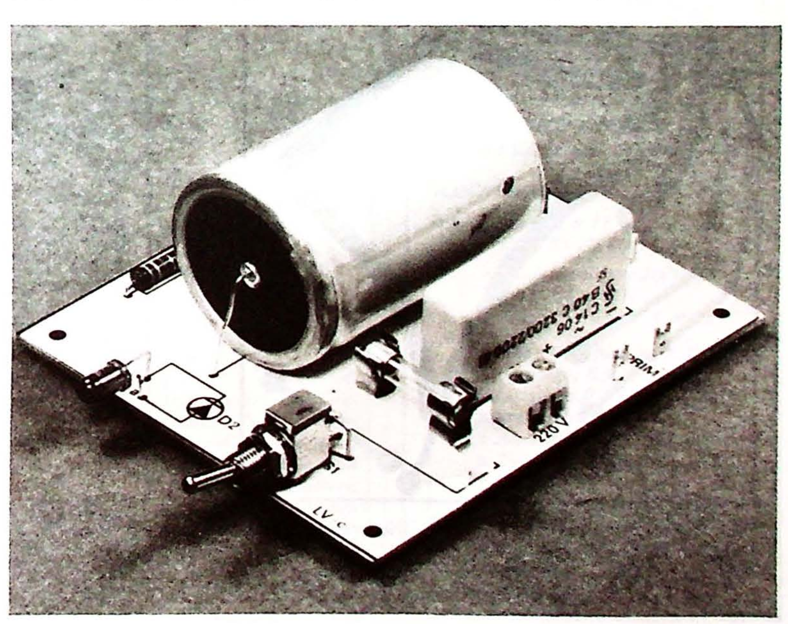
$$I = \frac{U}{R}$$

Setzt man den Ausdruck rechts vom Gleichheitszeichen in die Leistungsformel ein, so erhält man

$$P = \frac{U \cdot U}{R}$$

Jetzt gibt es außer der gesuchten Spannung U nur noch bekannte Größen. Man stellt nach U um und erhält

$$U^2 = P \cdot R$$



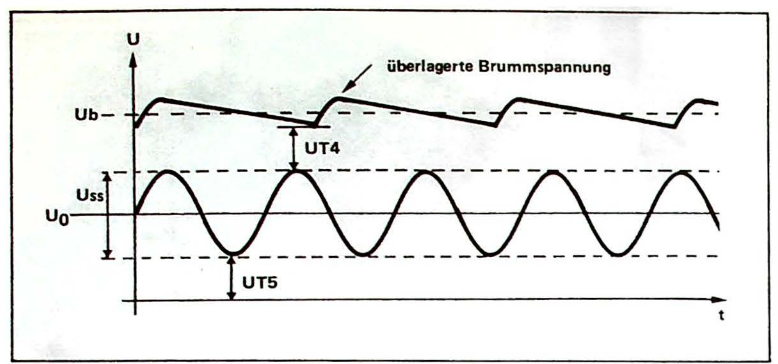


Bild 1. *Diese Grafik zeigt, warum Endverstärker eine Speisespannung brauchen, die weit über der effektiven Spannung liegt, die an dem Lautsprecher die geforderte Leistung erzeugen würde. Die Spannungsspitzen des Steuersignals erfordern eine entsprechende Speisespannung und die Endtransistoren haben einen „Eigenverbrauch".*

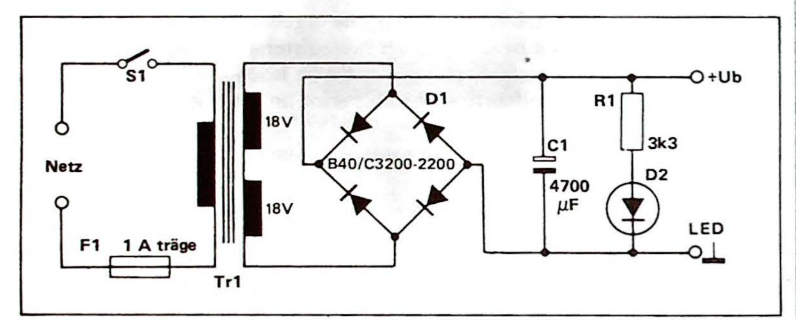


Bild 2. *Netzteile für NF-Endverstärker sind nicht stabilisiert, weil die Stabilisierung nur die Brummspannung herabsetzt, aber nicht die Ausgangsleistung (bei gegebener Trafoleistung) verbessert, sondern nur Leistung kostet. Das Netzteil liefert mit dem angegebenen Trafo eine Speisespannung von ca. 50 Volt.*

Die erforderliche Signalspannung ist also die Wurzel aus dem Produkt von geforderter Ausgangsleistung und Lautsprecherwiderstand.

Für den Puzzle-Verstärker ergibt sich nach dieser Formel: $U \approx 9$ Volt. Dieser Wert wäre richtig und ausreichend, wenn das Steuersignal eine Gleichspannung wäre. Eine (Sinus-)Wechselspannung, welche dieselbe Leistung im Lautsprecher erzeugt, hat ebenfalls den Betrag 9 Volt. Das ist jedoch der Effektivwert. Bei einer Sinusspannung von $U_{eff} = 9$ Volt treten jedoch folgende maximale Amplituden auf:

$+\sqrt{2} \cdot 9$ Volt (Scheitelwert der positiven Halbwelle) und $-\sqrt{2} \cdot 9$ Volt (Scheitelwert der negativen Halbwelle). Die Gesamtspannung, die dem Verstärker und somit dem Lautsprecher zur Verfügung gestellt werden muß, hat somit bereits den Betrag $2 \cdot 1{,}4 \cdot 9$ Volt $\approx 25{,}6$ Volt. Diese Größe wird mit U_{SS} bezeichnet (Spitze-Spitze-Wert der Sinuswechselspannung).

Der Ausgang des Verstärkers ist ohne Steuerung auf eine bestimmte Gleichspannung eingestellt, U_0 in Bild 1. Um diesen Pegel bewegt sich die Wechselspannung mit dem eingezeichneten Spitze-Spitze-Wert U_{SS}.

Die Spannung von 25,6 Volt reicht aber noch immer nicht. Die Endtransistoren T4 und T5 im Puzzle-Verstärker brauchen zwischen Kollektor und Emitter auch bei Vollaussteuerung noch eine Mindestspannung, damit der Verstärker ordentlich arbeitet (Stabilität, Klirrfaktor). Diese Spannungen sind in Bild 1 ebenfalls eingetragen. Setzt man sie

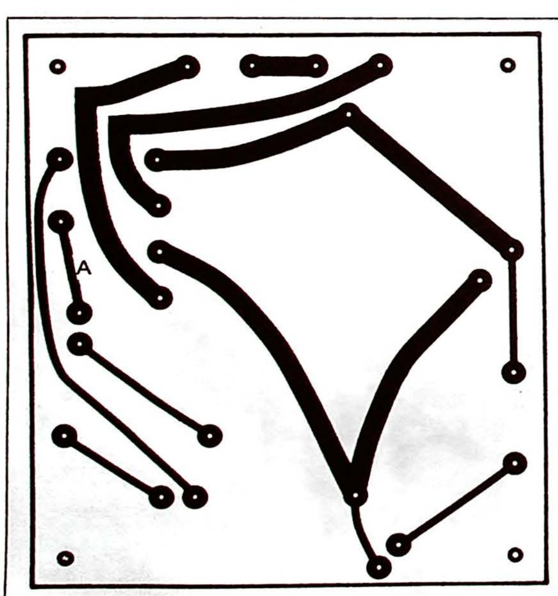


Bild 3. *Printlayout für das Netzteil. Die breiteren Kupferbahnen leiten den Laststrom. Bei „A" ist die Kupferbahn zu unterbrechen, wenn das Netz zweipolig geschaltet wird, was sich aus Sicherheitsgründen empfiehlt.*

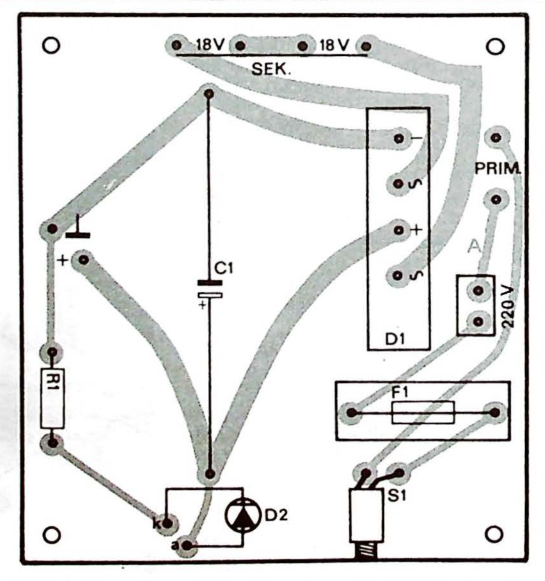


Bild 4. *Bestückungsplan. Von den vier Anschlüssen für die Sekundärwicklung(en) des Netztrafos sind nur die beiden äußeren zu benutzen, wenn der Trafo nur eine Sekundärwicklung hat (s. Text).*

Baukosten-Voranschlag

DM 58,-

(großzügig) mit je 5 Volt an, so kommt man bereits auf eine Speisespannung von 25,6 + 5 + 5 = 35,6 Volt.
Das Klassenziel ist aber noch immer nicht erreicht, jedenfalls dann nicht, wenn der Verstärker nicht aus einer Batterie Auto-Akkus, sondern aus dem Netz gespeist wird. Der Netztrafo (Bild 2) hat einen bestimmten Innenwiderstand, er kann nicht „beliebig viel" Strom liefern. Bei starker Belastung des Netzteils durch den Verstärker (Vollaussteuerung) nimmt die Spannung am Ladekondensator C1 in den Ladepausen stark ab. Ladepausen sind die Zeiten, in denen die momentane sekundäre Wechselspannung des Trafos niedriger ist als die Spannung am Kondensator. Im Bereich hoher Amplituden der Netzwechselspannung wird der Kondensator wieder nachgeladen. So entsteht über dem Ladekondensator eine 100 Hertz-Brummspannung, die der Gleichspannung überlagert ist und die um so höher ist, je stärker das Netzteil belastet wird. Dieser Bereich der Speisespannung ist für den Verstärker ebenfalls nicht nutzbar, so daß die Speisespannung erhöht werden muß, um den nutzbaren Bereich zu vergrößern.

Schließlich ist zu berücksichtigen, daß bei Netzunterspannung - sie wird allgemein mit maximal 10% angesetzt - auch die Speisespannung niedriger ist. Unter Berücksichtigung aller Forderungen kommt man auf Speisespannungswerte von 50 Volt für den genannten Verstärker.



Schaltbild des Netzteils

In Bild 2 ist ein Netztrafo mit zwei in Reihe geschalteten Sekundärwicklungen angegeben, die zusammen eine Spannung von 36 Volt haben. Nach Gleichrichtung entsteht am Ladekondensator eine Spannung von $\sqrt{2} \cdot 36\ V \approx 50$ Volt. Eine LED mit Vorwiderstand R1 leuchtet, wenn das Netzteil eingeschaltet ist. Selbstverständlich kann auch ein Trafo mit nur einer Sekundärwicklung von 36 Volt verwendet werden. Bei geringerer Spannung ist die Ausgangsleistung des Verstärkers niedriger, bei höherer Spannung kann es leicht zu Zerstörungen von Halbleitern im Endverstärker kommen. Das wird von Anfängern oft nicht beachtet.

Bauhinweise

Bild 3 und 4 zeigen Printlayout und Bestückung. Hat der Trafo nur eine Sekundärwicklung oder mehrere, von denen nur eine benutzt wird, so kommen die betreffenden Wicklungsdrähte an die äußeren Anschlüsse auf dem Print. Bei Verwendung des in der Stückliste angegebenen Trafotyps liegen die vier Anschlußlippen in der richtigen Höhe, wenn der Trafo auf die breitere Fläche „gestellt" wird (s. Detailfoto). Dazu muß ggf. das Befestigungsmaterial abmontiert und der Trafo mit vier schmalen L-Winkelstücken auf der Bodenplatte montiert werden.
Der Print sieht einen einpoligen Netzschalter vor. Sicherer ist ein zweipoliger Schalter. Es empfiehlt sich deshalb, die kurze Verbindung zwischen der Print-Kabelklemme und dem betreffenden Primär-Anschluß des Trafos auf der Kupferseite des Prints zu unterbrechen und die beiden Anschlüsse über den zweiten Schalterkontakt zu führen.
Diese beiden Drähte, die zwei Verbindungen zwischen Print und Primärwicklung des Trafos sowie das Netzkabel stellen übrigens die ganze Verdrahtung des Puzzle-Verstärkers dar.

Das Foto zeigt den bestückten Print. Besonders gut zu erkennen sind Netzschalter und LED in ihrer relativen Lage zur Kante des Prints sowie die Ringnut des Elkos, die den positiven Pol des Kondensators markiert.

Stückliste

WIDERSTAND 1/4 Watt, 5%

R1 = 3,3 k-Ohm

KONDENSATOR

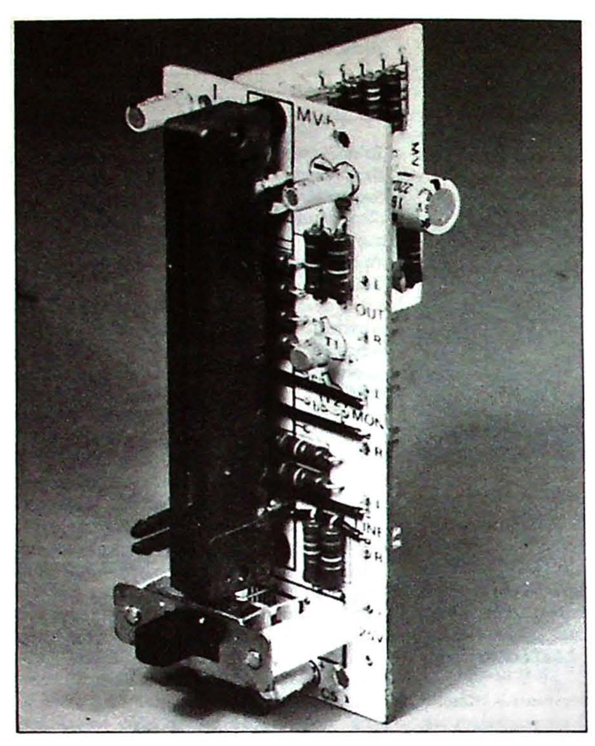
C1 = 4700 µF, 63 Volt, für RM 60

HALBLEITER

D1 = B40/C3200/2200
D2 = LED, 5 oder 3 mm, grün

SONSTIGES

Tr1 = Trafo 2 x 18 V, 2 x 2 A, Kern EI 78/40,5
S1 = Miniatur-Kippschalter, 220 V, 1 x EIN
F1 = Feinsicherung 1 A träge
1 x Sicherungsfassung f. Printmontage, RM 22,5
10 x Lötstifte RTM
10 x Steckschuhe RF
4 x Abstandsröhrchen 5 mm
4 x Zyl.-kopf-Schr. M3 x 10
4 x Muttern M3
4 x Zyl.-kopf-Schr. M4 x 10
4 x Muttern M4
1 x Print-Kabelklemme, 2pol. RM 5
1 x Print nach Bild 3/4



Das n-Kanal-Mischpult in Modultechnik

Stereo-Grundbaustein

Ein Mischpult, wie es der engagierte Amateur braucht, hat eine Anzahl (n) „Stereo-Kanäle" und einen in Mono oder ebenfalls in Stereo ausgeführten Mikrofonkanal. Ein Mono-Mikro-Kanal ist oft mit einem Panoramaeinsteller ausgerüstet, der es gestattet, das Mono-Signal an beliebiger Stelle zwischen ganz rechts und ganz links einzublenden. Unter einem Stereo-Kanal versteht man die beiden Kanäle einer stereofonen Signalquelle, also Band, Tuner oder Platte. Für Tuner (Radio) braucht man regelmäßig nur einen (Stereo-) Kanal, für Bandgeräte oder Plattenspieler sind jedoch oft mehrere solcher Eingänge erwünscht oder erforderlich. Für Bandaufnahmen sind oft auch mehrere Mikrofonkanäle nötig.
Um ein Mischpult jedem Einsatzzweck anpassen zu können und eventuell spätere Erweiterungen zuzulassen, ist es sicher sehr zweckmäßig, wenn für jede Signalquelle ein Misch-Modul vorgesehen wird, das für Tuner, Tape (Band) und Platte in Stereo, für Mikro in Mono oder Stereo präpariert werden kann. Anzahl und Art der Signalquellen bestimmen dann exakt Anzahl und Art der Module, so daß kein überflüssiger Aufwand entsteht, sondern ein System ohne „Redundanz", wie es vornehm heißt. Die Ausgänge der Mischmodule liegen gemeinsam an den beiden, nach „rechts" und „links" getrennten Mischschienen, von denen aus die nächste Einheit gesteuert wird.
Zusammen mit einem passenden Netzteil (P.E. hat ein solches beschrieben, s. Text) entsteht bereits ein vollständiges Mischpult.
In der P.E.-Serie „HiFi-Module" bilden die zusammenwirkenden Kanäle - wie viele es auch sein mögen - eine Funktionseinheit, die man im Rahmen der gesamten Serie als „das" Mischmodul bezeichnen könnte. Selbstverständlich passen der Print mit seinen Ein- und Ausgängen sowie die Frontplatte in Layout und Abmessungen zu den bereits beschriebenen Modulen. Da der Serie eine Normhöhe der Module zugrunde liegt, eignet sich auch für das „Nur"-Mischpult" das Alu-Profilgehäuse der Modulserie, aber es finden sich wahrscheinlich auch Pultgehäuse, die für Einbauten mit derselben Anzahl Höheneinheiten vorgesehen sind.

Gleichberechtigung der Signale

Es liegt auf der Hand, daß die zu mischenden Signale ungefähr die gleiche Amplitude haben müssen. Aus diesem Grund ist der Print des Mischmoduls so ausgelegt, daß eine eventuell erforderliche Vorverstärkung vorgenommen werden kann. Bei gleichen Eingangsamplituden und gleicher Stellung des Schiebepotis erscheinen die aus verschiedenen Quellen stammenden Signale am Ausgang des Mischpultes mit gleicher Amplitude.
Obwohl das Mischpult keineswegs für Studioanlagen gedacht ist, wurde seine Ausgangsspannung auf die Studionorm 775 Millivolt festgelegt. Der in dieser Ausgabe beschriebene Mikrofon-Verstärker hat z.B. eine Ausgangsspannung von 77,5 Millivolt. Somit muß das Mischmodul den Verstärkungsfaktor 10 haben. Für Signale von Band oder Tuner ist ein so „hoher" Verstärkungsfaktor nicht erforderlich; der Mischmodul-Print kann durch entsprechende Dimensionierung auf die jeweils erforderliche Verstärkung eingestellt werden.

Gegenseitige Beeinflussung der Kanäle

Bild 1 zeigt, wie sich der absolute Laie die Mischung zweier Signale wahrscheinlich vorstellt. Zwei Signalquellen stellen den beiden Eingängen Signale mit gleichen Amplituden zur Verfügung. Über zwei Potis, deren Abgriffe verbunden sind und zum Ausgang führen, soll die Mischung vorgenommen werden. Die Sache funktioniert jedoch nicht ordentlich: Steht R1, wie gezeichnet, auf „Voll", R2 auf Null, so erscheint das Signal des oberen Eingangs nicht am Ausgang, weil dieser über den Abgriff von R2 auf Masse liegt; der Ausgang der oberen, nicht eingezeichneten Signalquelle ist kurzgeschlossen!

Deshalb ist dafür zu sorgen, daß kein Poti das andere kurzschließen kann. Dies ist, wie Bild 2 zeigt, mit Widerständen möglich, die in Reihe zu den Abgriffen liegen. Diese Widerstände müssen, damit die Schaltung richtig funktioniert, hochohmig sein gegen die Poti-Widerstände.

Ein Zahlenbeispiel: Die Spannung am oberen Eingang beträgt 3 Volt, die am unteren Eingang 2 Volt. Bringt man die Abgriffe in die eingezeichneten Stellungen, dann liegt der Abgriff von R2 an Masse. R3 und R4 bilden in dieser Situation eine Reihenschaltung zweier gleicher Widerstände, die mit einer Seite am Ausgang der den oberen Eingang steuernden Signalquelle, mit der anderen Seite an Masse liegt. Die Reihenschaltung ist somit ein Spannungsteiler für das Signal 1, und am Knotenpunkt dieses Spannungsteilers tritt das Eingangssignal mit der halben Amplitude auf, die Spannung beträgt somit 1,5 Volt. Vertauscht man die Einstellungen der Potis, so tritt eine Ausgangsspannung von 1 V auf ($1/2 \times U_{Ein\ 2}$). Dreht man beide Potis auf, so erhält man die Summe aus den beiden Einzelspannungen, also 1,5 V + 1 V = 2,5 V. Das ist die halbierte Summe der beiden Eingangsspannungen. Allgemein gilt, daß eine solche Schaltung (für zwei zu mischende Signale) ein Mischsignal liefert, dessen Amplitude die Hälfte der Summe der Eingangssignale ausmacht. Ein Kurzschluß einer Steuersignalquelle ist jetzt nicht mehr möglich.

Bei dieser Betrachtung wurde vorausgesetzt, daß die Potis einen im Verhältnis zu den Mischwiderständen R3 und R4 sehr niedrigen Widerstand haben. Macht man diesen so niedrig, wie er sein muß, dann werden die steuernden Signalquellen zu stark belastet. Deshalb ist zwischen den Eingängen des Mischmoduls und den Mischwiderständen (R3 und R4 in Bild 2) eine Impedanzwandlerstufe erforderlich, die einen hohen Eingangs-, aber einen niedrigen Ausgangswiderstand hat.

Bild 3 zeigt eine Schaltung, die nicht nur die erforderliche Impedanzanpassung vornimmt, sondern auch die 10-fache Verstärkung.

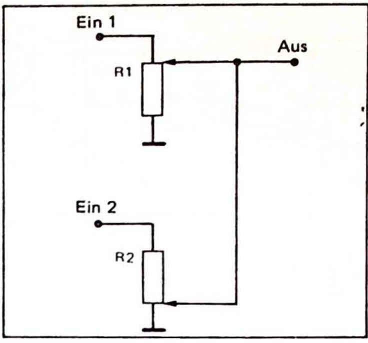


Bild 1. *So funktioniert die Mischung nicht.*

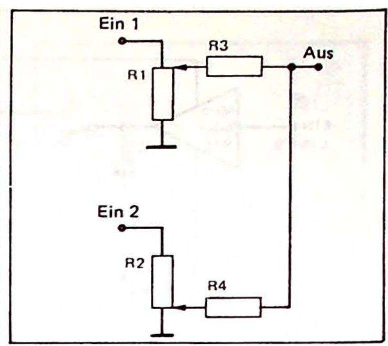


Bild 2. *Mit Mischwiderständen geht es.*

Der Verstärker /Impedanzwandler

Bild 3 zeigt die Schaltung der Verstärkerstufe, jedes Mischmodul enthält zwei solcher Stufen, da es stereofon ausgelegt ist (mit Ausnahme des Mikrofon-Misch-Moduls).

Handelt es sich um das RIAA- oder Mikrofon-Mischmodul, so liegt im Eingang zunächst ein passender Vorverstärker (s. Seiten 14...17 in dieser Ausgabe). Das Eingangssignal gelangt über einen Trennkondensator C1 auf das Mischpoti R5, damit dieses nicht die Gleichspannungseinstellung der Transistorstufe beeinflußt, liegt zwischen dem Potiabgriff und der Basis des Transistors ein weiterer Trennkondensator C2.

Der Widerstand des Potis ist so gewählt, daß keine der infrage kommenden Steuersignalquellen (Tape, Tuner, Mikro- oder RIAA-Vorverstärker) zu stark belastet wird. Die Transistorstufe wiederum ist so ausgelegt, daß ihre Eingangsimpedanz groß gegen den Widerstand des Mischpotis ist, während der Mischwiderstand R6 aus einer ausreichend niederohmigen Quelle (Kollektor-Ausgang von T1) gespeist wird.

In dieser Schaltung entkoppelt die Transistorstufe den Mischwiderstand R6 vom Mischpoti in ausreichendem Maße, so daß die Potistellung keinen Einfluß hat auf die Amplitude der Signale der anderen Kanäle.

Gesamtschaltbild

Im Gesamtschaltbild (4) sind beide Kanäle eingezeichnet, in der Ausführung als Mikrofon-Mischmodul kann ein Kanal entfallen.

Die Schaltung des Eingangs hängt davon ab, ob ein Vorverstärker erforderlich ist. Beim Einsatz als Mikrofon- oder RIAA-Mischmodul wird der entsprechend bestückte Vorverstärkerprint angeschlossen.

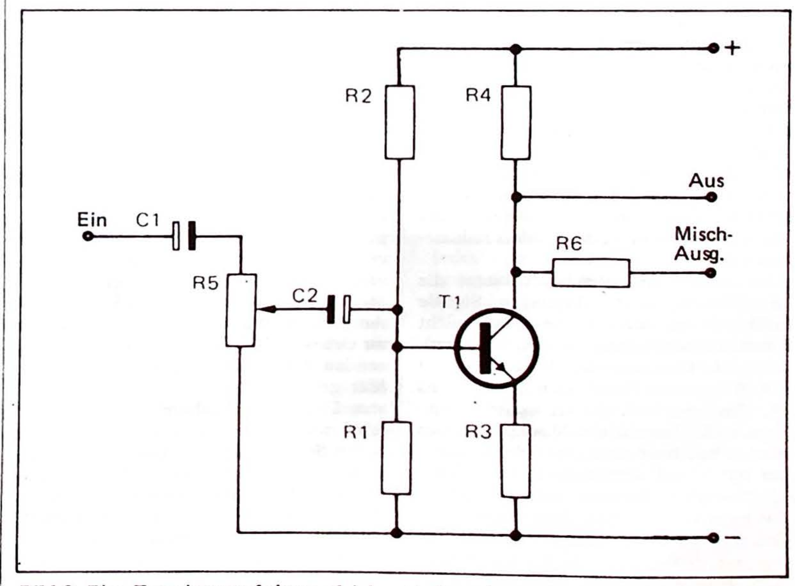


Bild 3. *Eine Transistorstufe kann gleichzeitig Impedanzwandler und Verstärker sein.*

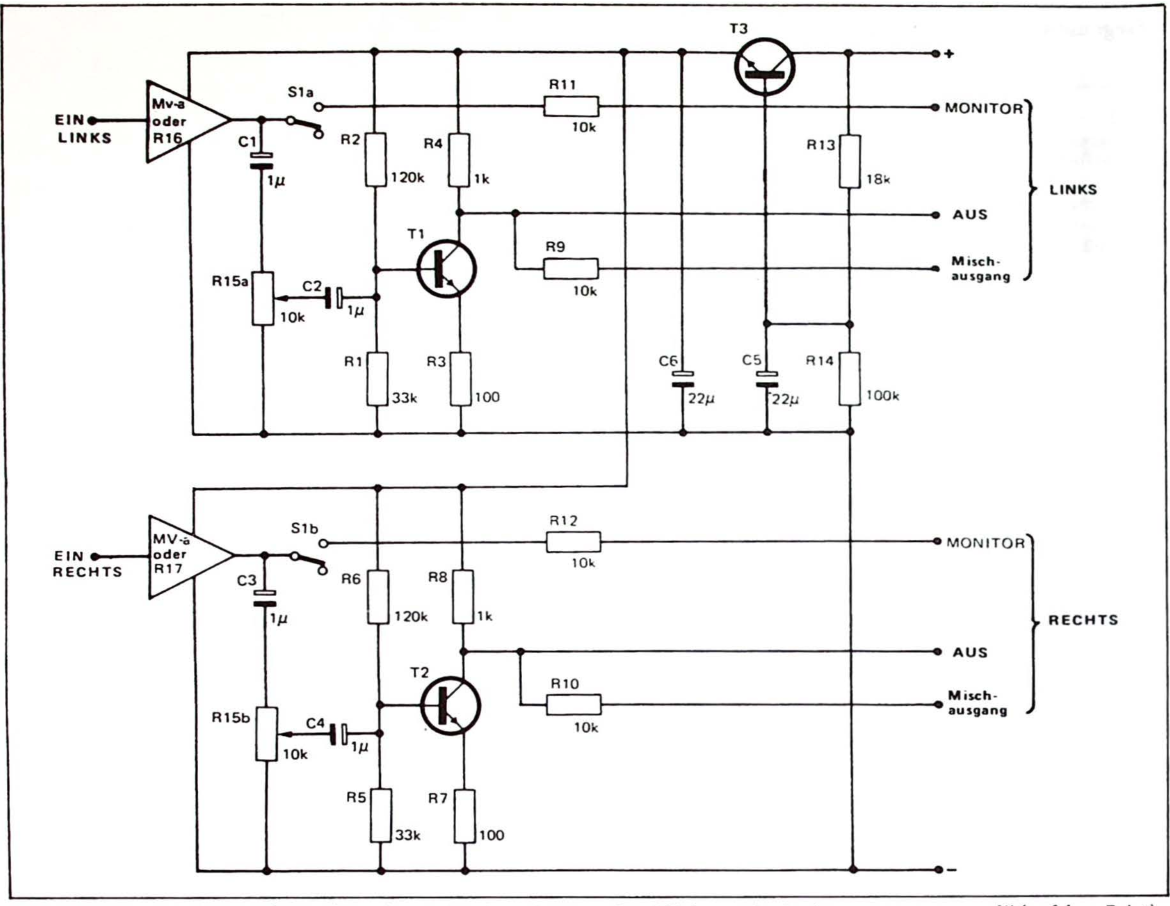


Bild 4. *Die Gesamtschaltung für zwei Kanäle, mit Monitorschalter und Stabilisierung der Speisespannung „on card" (auf dem Print).*

Der Standard-Verstärkungsfaktor des Mischmoduls kann für Tape oder Tuner gelegentlich zuviel des Guten sein, was sich darin äußert, daß man das betreffende Mischpoti nur im unteren Einstellbereich benutzen kann. Für solche Fälle ist ein Widerstand R16 (R17 im anderen Kanal) vorgesehen, er bildet mit dem Mischpoti-Gesamtwiderstand einen Spannungsteiler, so daß man durch entsprechende Bemessung dieses Widerstandes die Empfindlichkeit des Moduls reduzieren kann.

Ein ordentliches Mischpult bietet die Möglichkeit, auch diejenigen Signale mithören zu können, die gerade nicht am Mischpultausgang erscheinen (sollen). Beispiel: Plattenspieler 1 „läuft", auf Nr. 2 liegt eine Platte, man sucht bereits die Nummer auf, die als nächste kommen soll. Obwohl das Mischpoti dieses Kanals auf Null steht, muß der Kopfhörer das Signal wiedergeben. Ein solcher unabhängiger Ausgang wird als „Monitor" bezeichnet. Mit dem zweipoligen Schalter S1 kann jedes gewünschte Signal auf den Kopfhörer geschaltet werden, genauer: auf die Monitor-Schiene, denn die Schiene führt auf den Kopfhörerverstärker, der noch zu beschreiben ist. Widerstand R11 (bzw. R12 im linken Kanal) ist wieder ein Mischwiderstand, er verhindert die gegenseitige Beeinflussung der Kanäle, wenn mehrere Monitorschalter auf „EIN" stehen.

Ein Mischpult stellt an seine Stromversorgung hohe Anforderungen. Da insbesondere in den Vorverstärkern Signale mit niedrigen Amplituden verarbeitet werden, muß die Brummsiebung sehr gut sein. Außerdem müssen Verkopplungen der Kanäle über die Speiseleitung vermieden werden, sonst neigt ein grösseres Mischpult leicht zum Schwingen.

Am besten sind solche Maßnahmen, die an Ort und Stelle, also auf dem zu speisenden Print vorgenommen werden. Die hier gewählte Maßnahme ist der Transistor T3. Die „unsaubere" Spannung (+) wird mit R13 und R14 auf einen geeigneten Betrag heruntergeteilt, diese Spannung liegt an der Basis von T3. C5 kann zusammen mit R13 wirksam sieben, so daß am Emitter eine „saubere" Gleichspannung zur Verfügung steht. Jedes Modul sorgt somit selbst für eine wirksame Entkopplung von der gemeinsamen Speiseleitung.

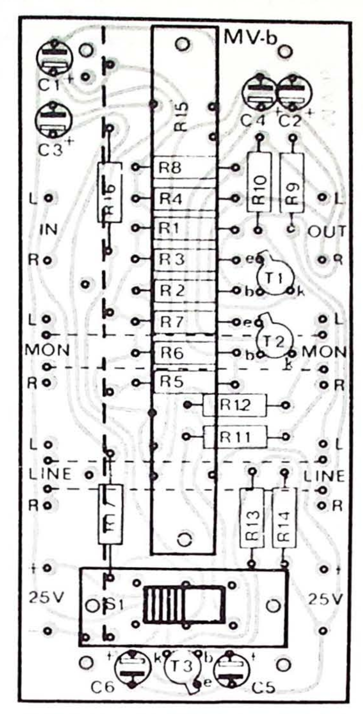
Stromversorgung

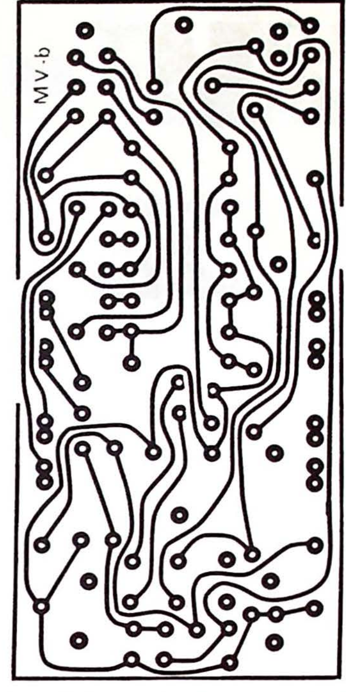
In P.E. Heft 12/78 ist das Netzteil für die Serie „HiFi-Module" angegeben, es ist ein stabilisiertes Netzteil mit den Daten 25 Volt/2 Ampere.

Diese Schaltung paßt selbstverständlich auch, wenn mit den hier beschriebenen Moduln ein Mischpult unabhängig von der genannten Serie aufgebaut wird. Zwar sind die 2 Ampere Belastbarkeit reichlich viel, wenn man nur vier oder fünf Kanäle braucht, aber zusammen mit den am Schluß dieses Beitrags erwähnten Komplettierungseinheiten erreicht die Gesamtstromaufnahme Werte, die es nicht mehr sehr sinnvoll erscheinen lassen, die Belastbarkeit des genannten Netzteils zu reduzieren.

Bauhinweise

Der Bestückungsplan zeigt vier Drahtbrücken als gestrichelte Linien, mit diesen Bauelementen sollte die Bestückung beginnen, anschließend kommen die Lötstifte, Widerstände, Kondensatoren





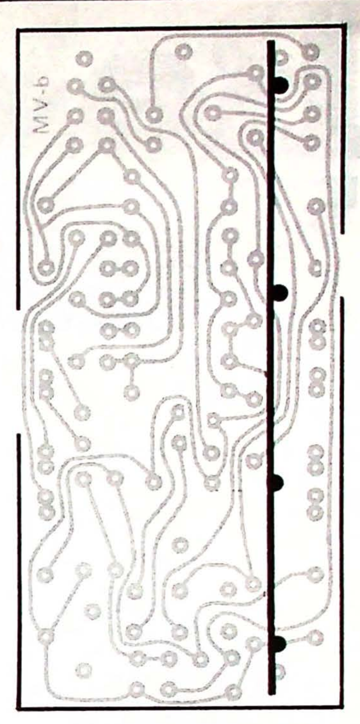
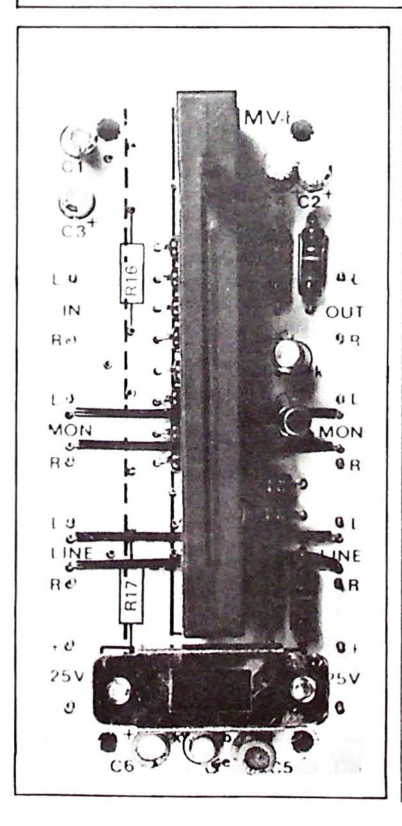


Bild 5, 6 und 7. *Printlayout, Bestückungsplan und ein Lageplan für eine eventuelle Abschirmung der (des) Vorverstärker(s).*



und Transistoren. Da sich unter dem Schiebepoti Widerstände befinden, muß es erhöht auf zwei Abstandsröhrchen 5 mm montiert werden. Zur Befestigung des Schiebeschalters steckt man zwei 25 mm-Schrauben M3 von der Kupferseite her durch die Printbohrungen, dreht je eine Mutter bis etwa zur Hälfte der Schraubenlänge auf, setzt den Schalter auf und dreht die Schrauben in die Gewindebohrungen der Schalter-Befestigungslippen. Anschließend dreht man die Muttern gegen die Printoberfläche fest. Die Verbindungen zwischen den Schalteranschlüssen und dem Print stellt man mit kurzen Drahtstükken her.

Den Abstand zwischen Frontplatte und Print bestimmt in allen vier Ecken eine „Reihenschaltung" aus Abstandsröhrchen 15 mm (printseitig) und Gewinderöhrchen 10 mm (frontplattenseitig) Von vorne schraubt man vier Kreuzschlitzschrauben 5 mm, von hinten vier gewöhnliche Schrauben 20 mm ein (siehe auch „Hall-Modul", P.E. Heft 4/78). Beim Mikro- und RIAA-Mischmodul wird erst jetzt der Vorverstärker aufgesetzt und angelötet, um Beschädigung des Prints durch mechanische Belastung während der Bestückungsarbeiten zu vermeiden.

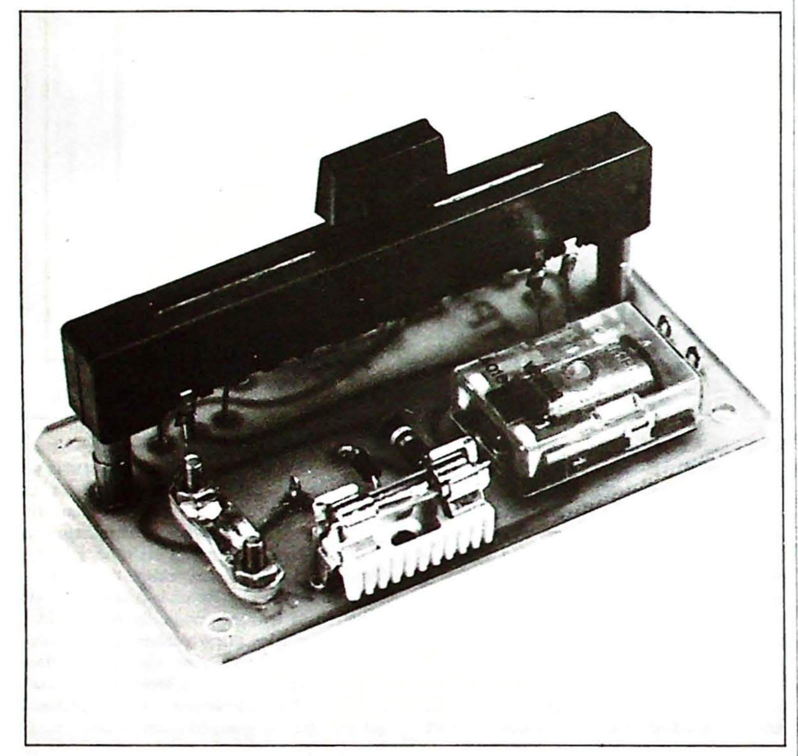
Abhängig von den Abschirmqualitäten des verwendeten Gehäuses können die Kupferbahnen des empfindlichen und hochverstärkenden Vorverstärker-Prints soviel Brummspannung aus dei Umgebung auffangen, daß dagegen etwas getan werden muß. Zweckmäßig ist es, ein Stück Print-Rohmaterial nahe an den oder die Vorverstärker zu montieren. Die Tiefe nach hinten stimmt mit der Tiefe der abzuschirmenden Prints überein, die Höhe richtet sich danach, ob ein oder zwei Vorverstärker da sind. Bild 7 zeigt das Montageverfahren, insgesamt stehen auf dem Print vier Löt-Stellen zur Verfügung, kurze Drahtstücke stellen die Verbindungen bzw. mechanischen Befestigungen her. Die nicht kupferkaschierte Seite des Rohlings ist dem Vorverstärker zugewandt.

Wie geht es weiter?

Jedes ordentliche Mischpult hat einen Summenregler; das ist zwar eine falsche Bezeichnung, weil es ein Einsteller ist, aber eine gute bzw. unentbehrliche Einrichtung. Außerdem wird ein Kopfhöreranschluß immer wieder benötigt, ferner ist es wünschenswert, auch Höhen und Tiefen des Signals beeinflussen zu können. Diese Schaltungen sind als weitere Module des Mischpultes bzw. der Modulserie vorgesehen.

Somit empfiehlt es sich nicht, sich bereits jetzt auf eine bestimmte Gehäusegröße festzulegen, zumal in Kürze auch ein Beitrag über die Kombinationsmöglichkeiten der Module kommen wird.

Relais-Pulser



Was soll man sich unter diesem Titel vorstellen? Die Schaltung enthält ein Relais, und wenn sie angeschlossen ist, klappert das Relais in regelmäßigen Abständen, d.h. es zieht kurzzeitig an. Die Frequenz, mit der dies geschieht, ist zwischen einer Sekunde und ca. 1/2 Minute einstellbar, dazu dient ein Schiebepoti. Die Schaltung wurde ursprünglich für die automatische Diaprojektion entwickelt, bei der die Dias in gleichbleibenden Abständen gewechselt werden sollen. Grundsätzlich ist sie jedoch anwendbar, wenn Verbraucher gesteuert werden sollen und es nicht auf die Einschaltdauer des Relais ankommt. Bemerkenswert ist die geringe Anzahl von nur sieben Bauelementen einschließlich Sicherung und Relais. Mit der einfachen Ausführung ist jedoch ein Nachteil verbunden: Mit Ausnahme der Relaiskontakte liegt alles auf Netzspannung. Äußerste Vorsicht und Einbau in ein Gehäuse sind also dringend anzuraten. Geringer Aufwand bedeutet aber auch hohe Nachbausicherheit, somit ist kaum zu erwarten, daß die Schaltung es nicht auf Anhieb tut, also sind in der Regel spätere Eingriffe und damit Gefährdungen praktisch auszuschließen.

Der Relais-Pulser ist, wie die Bezeichnung andeutet, eine Art Impulsgenerator. Bei Generator denkt man meistens unmittelbar an einen astabilen Multivibrator. Auch der Relais-Pulser könnte mit einem solchen AMV zum Laufen gebracht werden, aber für eine solche Schaltung sind beim Aufbau mit Einzelbauelementen (also ohne ICs) mindestens zwei Transistoren, vier Widerstände und zwei Kondensatoren nötig, außerdem muß eine Speisespannung erzeugt werden.

Um mit minimalem Aufwand das Relais zum regelmäßigen Schalten zu bringen, wurde der Weg des Üblichen verlassen und etwas ganz anderes gemacht, hier kommt nämlich der aus Lichtdimmerschaltungen bekannte Diac zum Einsatz. Wie der Beitrag zeigen wird, eignet er sich für bestimmte Anwendungen als Kernstück eines Impulsgenerators.

Der Diac – das unbekannte Halbleiterwesen

Der Diac ist eine Halbleiterdiode mit einer speziellen Eigenschaft: Sie leitet, sobald die Spannung über ihren Anschlüssen einen bestimmten Betrag erreicht; dabei spielt die Polarität der angelegten Spannung keine Rolle. Der Diac ist somit bi-direktional, seine Anschlüsse können vertauscht werden.

Sein elektrisches Verhalten läßt sich am besten anhand einer Strom/Spannungs-Kennlinie aufzeigen, dazu wird (in Gedanken) zunächst eine Meßschaltung aufgebaut (Bild 1).

Diese Meßanordnung besteht aus einer Reihenschaltung aus einstellbarer Spannungsquelle (B1), dem zu untersuchenden Diac (D1), einem Amperemeter (I) und einem Strombegrenzungswiderstand R1. Über den Anschlüssen des Diac liegt das Voltmeter U.

Die Kennlinienaufnahme beginnt, indem man die Spannungsquelle auf eine niedrige Ausgangsspannung, z.B. 1 Volt

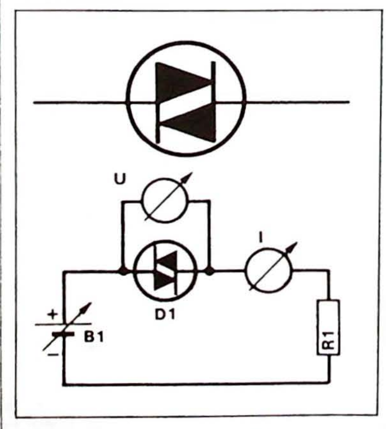


Bild 1. *Das Symbol eines Diac und eine Schaltung zur Kennlinienaufnahme.*

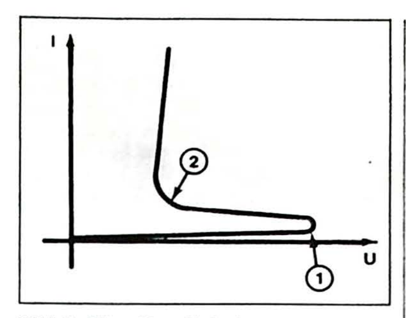


Bild 2. *Eine Kennlinie ist sozusagen der Personalausweis eines Bauelementes.*

einstellt und die beiden Instrumente abliest. Das Voltmeter zeigt ebenfalls den Wert 1 Volt, der Strom ist unmeßbar klein, also praktisch Null. Diese Werte werden in eine Grafik, wie sie Bild 2 zeigt, als erster gemessener Punkt einer Kurve eingetragen. Die weiteren Meßpunkte erhält man, indem man die Spannungsquelle schrittweise auf höhere Werte einstellt und jedesmal Spannungs- und Stromanzeige abliest.

Bis zu einer Spannung nahe 30 Volt zeigt das Voltmeter annähernd die eingestellte Spannung an, beim Amperemeter tut sich nichts. Diesen Teil des Experimentes repräsentiert in der Grafik der untere Teil der Kurve, die mit leichtem Anstieg dicht über der Voltachse U verläuft. Bei weiterer Erhöhung der Spannung passiert es dann sehr plötzlich: Es fließt ein kräftiger Strom und die Spannung am Diac geht auf etwa 15 Volt zurück; die Durchbruchspannung des Halbleiters wurde soeben überschritten. Der andere Teil der Meßspannung steht am Strombegrenzungswiderstand R1, an ihm erzeugt der Diac-Strom einen Spannungsabfall. Wie hoch der Strom I ist, hängt vom Widerstandswert und der Differenz zwischen eingestellter und Durchbruch-Spannung ab.

In Bild 2 ist die entscheidende Stelle der Kurve mit „1“ bezeichnet. Der Punkt „2“ kennzeichnet den Zustand des Diacs nach dem Durchbruch.

Erhöht man nun die Meßspannung weiter, so bleibt U (die Spannung am Diac) fast konstant, der Strom steigt dagegen stark an. In diesem Bereich verhält sich der Diac wie eine in Flußrichtung gepolte, gewöhnliche Halbleiterdiode, deren Flußspannung, wenn sie erst einmal 0,7 Volt erreicht hat, bei zunehmendem Strom kaum noch ansteigt.

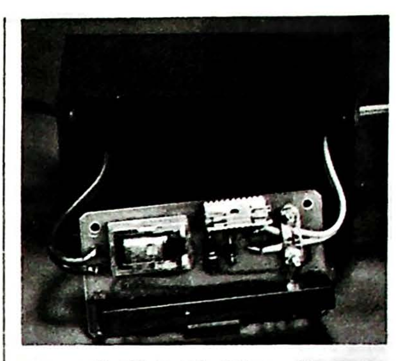
Was passiert nun weiter? Bleibt der Diac für den Rest seines Lebens „angeschlagen?“ Fährt man durch Verringern der Meßspannung die Kurve zurück, so kommt eine Stelle, an der die „Haltespannung“ unterschritten wird, der Halbleiter sperrt wieder und es stellt sich ein Zustand ein, den man auf dem unteren Teil der Kurve nahe der U-Achse wiederfindet.

Die Spannungs/Strom-Kennlinie ist laut Grafik im oberen rechten Quadranten des Koordinatenkreuzes eingetragen, in dem üblicherweise positive Meßwerte verzeichnet sind. Dies ist insofern korrekt, da die Diac-Messung bei positiver Ba teriespannung vorgenommen wurde (Bild 1). Polt man die Batterie um, so erhält man die Kurve für negative Spannungen am Diac. Die Meßpunkte müßten im linken unteren Quadranten eingetragen werden, jedoch wurde auf diese Darstellung verzichtet, weil sich ein identischer (spiegelbildlicher) Verlauf ergibt. Wenn man die Batterie umpolt, muß man dies auch mit den beiden Meßistrumenten tun. Es geht einfacher: den Diac umpolen. Die Messung ergibt dieselben Meßpunkte für Strom und Spannung, so daß erwiesen ist, daß der Diac beliebig gepolt werden kann.

Der Diac als Impulsgenerator

Das Verhalten des Diacs ist jetzt bekannt: Er reagiert auf eine bestimmte Gleichspannung, nach dem Durchschlag fließt ein kräftiger Strom, den man z.B. durch eine Relaisspule fließen lassen kann: Das Relais zieht an, wenn die Spannung am Diac einen bestimmten Betrag erreicht und der Diac „durchschaltet“.

Jetzt kommt das eigentliche Schaltungsproblem: Wie kriegt man den Diac dazu, in regelmäßigen Zeitabständen sein Können zu demonstrieren? Gesucht wird eine Schaltung, die eine Spannung er-



zeugt, die in regelmäßigen Abständen die Durchschlagspannung des Diacs überschreitet.

Ein Kondensator ist ein Bauelement, das sich zum „Aufbau“ von Spannungen eignet. Läßt man einen Strom auf einen Kondensator fließen, so erzeugt die zunehmende Ladung über den Anschlüssen eine ansteigende Spannung. Sorgt man für Einstellbarkeit des Ladestroms, so kann man die Lade-Zeitdauer beeinflussen.

Bild 3 zeigt links die Prinzipschaltung eines Impulsgenerators mit Diac. Der Kondensator C wird mit dem Strom I geladen, diesen Strom erzeugt eine Konstantstromquelle. Parallel zum Kondensator liegt der Diac.

Nach dem Einschalten der Konstantstromquelle steigt die Spannung U_C am Kondensator langsam an. Es passiert zunächst nichts, bis die Durchschlagspannung des Kondensators erreicht ist. Dies ist der Zeitpunkt t1 in der Grafik (Bild 3). U_C hat den Wert der Durchschlagspannung U_D erreicht.

Wie die einleitende Beschreibung des Diacs zeigte, fließt nach dem Durchschlag ein kräftiger Strom. Der Betrag ist viel größer als der Ladestrom aus der Konstantstromquelle, folglich entsteht ein klares Ungleichgewicht zwischen zu- und abfließendem Strom, der Kondensator wird entladen.

Zum Zeitpunkt t2 ist der erste Akt vollendet. Die Kondensatorspannung ist auf den Wert der Durchschlagspannung U_K des Diacs gefallen, der Diac sperrt. Der weiterhin fließende Konstantstrom

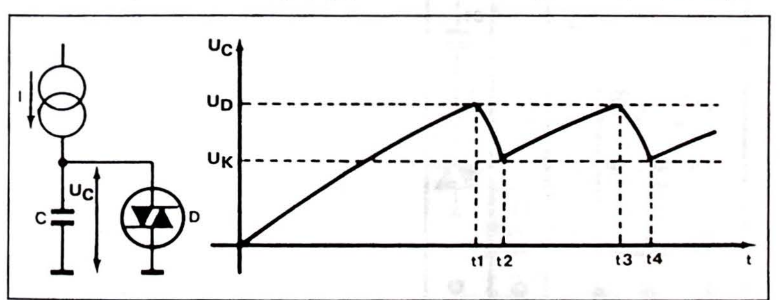


Bild 3. *Die Konstantstromquelle lädt den Kondensator auf, bis der Diac durchschlägt. Kurze Zeit später sperrt der Diac wieder, der Ladevorgang beginnt erneut.*

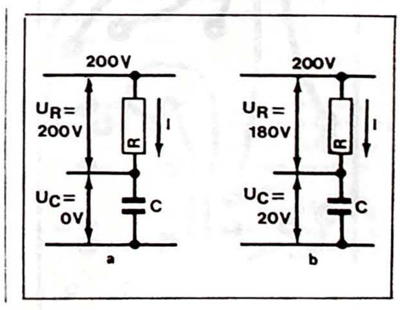


Bild 4. *Hohe Spannung an einem hohen Widerstandswert gibt eine Stromquelle.*

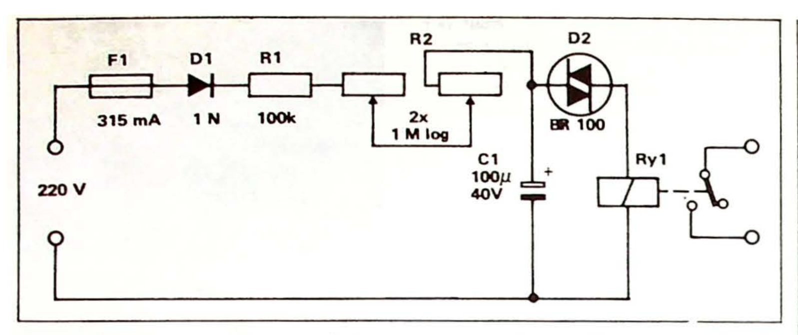


Bild 5. *Die Gesamtschaltung enthält nur wenige zusätzliche Bauelemente. Die Sicherung schützt nur die Schaltung, nicht jedoch einen Hand-hin-langer.*

lädt den Kondensator wieder auf, bis zum Zeitpunkt t3 der Diac erneut durchschlägt usw. Kurz: Mit nur drei Bauelementen ist eine Schaltung entstanden, die - sieht man vom ersten Ladevorgang ab - in regelmäßigen Abständen einen Strom im Diac-Kreis fließen läßt. Dieser Strom könnte z.B. ein Relais steuern.

Die Zeit, die zwischen zwei Stromstössen vergeht, hängt vom Kapazitätswert des Kondensators und der Stärke des Konstantstroms ab. Je größer die Kapazität und je kleiner die Stromstärke, um so länger dauern die Perioden, und umgekehrt. Man kann demnach die Frequenz dieses Generators einstellen, indem man entweder C oder I oder beide variabel macht. Da es keine Trimmerkondensatoren mit den hier infrage kommenden Kapazitätswerten gibt, ist die Wahl nicht schwer: In der noch zu besprechenden Konstantstromquelle muß ein Poti zur Einstellung der Stromstärke vorhanden sein.

Selbstverständlich darf die Konstantstromquelle nicht aufwendig sein, sonst verliert die ganze, bis hierher doch recht simple Konstruktion ihren Sinn. Zunächst etwas zum Begriff „Konstantstromquelle".

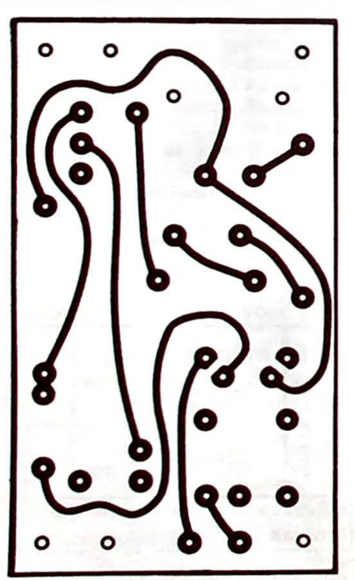
Eine Batterie oder ein Gleichspannungsnetzteil ist eine Spannungsquelle. Je niedriger ihr Innenwiderstand ist, um so mehr nähert sie sich dem Ideal „Konstantspannungsquelle". Ist der Innenwiderstand Null Ohm (nur in der Theorie möglich), so kann man beliebige Lasten anschließen, die Spannung geht selbst bei extremer Belastung kein Stück in die Knie.

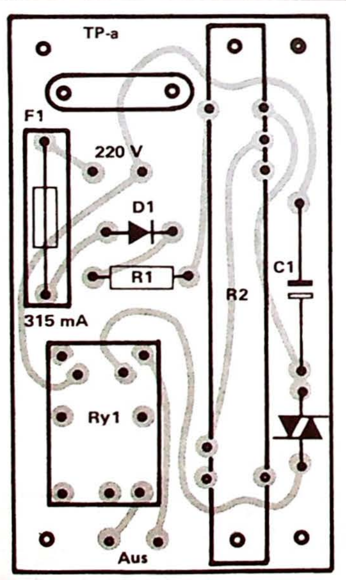
Eine Konstantstromquelle soll durch eine Last einen Strom steuern, dessen Betrag unabhängig vom Lastwiderstand ist. Dieser Idealfall wird um so besser angenähert, je höher der Innenwiderstand der Quelle ist. Solange man den Lastwiderstand klein hält im Vergleich zum Innenwiderstand, bleibt der Strom einigermaßen konstant. Also nimmt man irgendeine Spannungsquelle, schaltet in Reihe zur Last einen hochohmigen Widerstand und schon hat man eine Konstantstromquelle. Im Prinzip ja – aber bei den üblichen niedrigen Spannungen in elektronischen Schaltungen würde durch den erforderlichen hochohmigen Lastkreis ein viel zu geringer Strom fließen. Es geht nur mit hohen Spannungen.

Bild 4 soll das Verfahren erläutern. In Bild 4a beginnt gerade der Ladevorgang. Die Kondensatorspannung ist noch Null Volt. Über dem Widerstand R steht somit noch die volle (übrigens gleichgerichtete) Netzspannung, die hier der Einfachheit halber mit runden 200 Volt angesetzt wird. Der Strom I hängt außer von der genannten Spannung nur noch vom Widerstandswert R ab.

In Bild 4b ist der Kondensator bereits auf 20 Volt geladen. Über dem Widerstand steht jetzt nur noch eine Spannung von 180 Volt, denn die Summe aus U_C und U_R ergibt die Gesamtspannung. Eine geringere Spannung über dem Widerstand bedeutet nach dem Ohmschen Gesetz ein kleinerer Strom I. Aber relativ (etwa in Prozent ausgedrückt) hat sich der Strom nur wenig geändert.

Steht für eine solche Schaltung jedoch eine Spannung von nur 30 oder 40 Volt zur Verfügung, so ist die Stromänderung zwischen Null Volt und 20 Volt Kondensatorladung wesentlich größer. Von Konstantstrom kann dann keine Rede mehr sein. Wer sich an die Ladekurve von Kondensatoren aus dem Physikunterricht erinnert, kann feststellen, daß hier dank der hohen Gesamtspannung nur der vordere, steile Teil der Ladekurve genutzt wird.





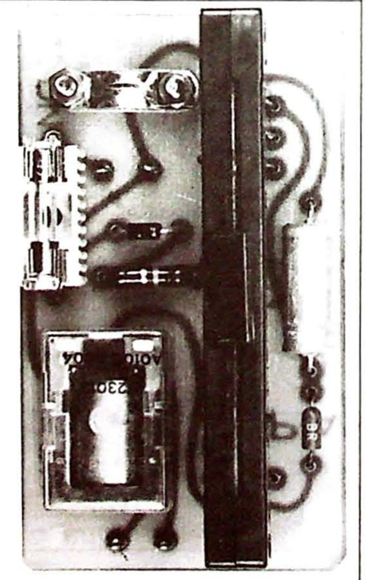


Bild 6 und 7. *Print und Bestückungsplan. Benutzt man ein anderes Relais, so paßt es wahrscheinlich nicht auf den Print.*

Baukosten-Voranschlag
DM 34,–
mit Gehäuse

Gesamtschaltung

Wie Bild 5 zeigt, wird die Schaltung unmittelbar am Netz betrieben. Dank der wenigen Bauteile möchte man Anfängern diese Schaltung empfehlen, aber gewiß nur mit einigem Widerstreben. Denn eines ist klar: Alle Friemeleien und Eingriffe sind nur zulässig, nachdem der Netzstecker gezogen worden ist! Auch die Sicherung hilft im Ernstfall überhaupt nicht!
Andererseits ist kaum zu erwarten, daß der Nachbau nicht klappt. Ihr einziger Ausgang - die Relaiskontakte - ist netzfrei.
Das Relais Ry1 ist der Verbraucher, der vom „Diac-AMV" im Impulsbetrieb gesteuert wird. Seine Wicklung liegt in Reihe mit dem Diac, wird also, wenn der Diac leitet, vom Strom durchflossen, so daß der Kontakt schließt. Der aus Bild 3 bekannte Kondensator C heißt in Bild 5 C1, und der Widerstand R aus Bild 4, von dessen Wert der Ladestrom I und somit die Ladezeit abhängt, setzt sich in der endgültigen Schaltung aus dem Festwiderstand R1 und den beiden Widerstandsbahnen eines Stereo-Potis R2 zusammen. Die Sicherung F1 bedarf keiner Erläuterung. Die Diode D1 ist erforderlich, weil die Schaltung nur mit Gleichspannung funktioniert. Bei Wechselspannungsbetrieb könnte sich am Kondensator keine Spannung aufbauen, weil die Ladung, die eine der beiden Halbwellen erzeugt, während der nächsten Halbwelle wieder abgebaut würde.
Der Festwiderstand R1 sorgt dafür, daß auch dann der Strom auf einen ausreichend niedrigen, sicheren Wert begrenzt wird, wenn das Poti auf Null Ohm eingestellt ist.
Die beiden Teilpotis von R2 sind in Reihe geschaltet, es ergibt sich ein Gesamtwiderstand von 2 Meg-Ohm, das ist hier gerade der richtige Wert. Solche Potis sind mit Werten über 1 Megohm fast nicht zu bekommen.
Der in der Stückliste angegebene Diac-Typ hat eine Durchbruchspannung von ca. 30 Volt. Jedoch unterschieden sich auch Exemplare des gleichen Typs in der Durchbruchspannung, so daß die höchsten und die niedrigsten Impulsfrequenzen, die sich mit dem Poti einstellen lassen, nicht „haarscharf" definiert sind. Dies spielt aber im allgemeinen, insbesondere bei dem Einsatz als Dia-Automat, überhaupt keine Rolle.

Bei der Auswahl des Relais gab es einiges Kopfzerbrechen, weil die preiswerten Typen meist aus Restposten stammen und somit nur bei einigen wenigen Adressen zu bekommen sind. Das in der Stückliste angegebene Kartenrelais ist gängig lieferbar, deshalb wurde ihm trotz des relativ hohen Preises der Vorzug gegeben. Das Relais ist ein 12 Volt-Typ; wer will, kann natürlich ein anderes verwenden, jedoch nicht auf dem angegebenen Printlayout. Von den beiden Umschaltkontakten des Relais ist auf dem Print nur ein EIN-Kontakt verbunden und herausgeführt.

Bauhinweise

Die Fotos und der Bestückungsplan zeigen die wesentlichen Details der Bestükkung, so daß beim Nachbau eigentlich nichts schief gehen kann. Die vier in der Schaltung aktiv benutzten Anschlüsse des Potis werden mit blankem Draht verlängert, nach der Montage des Potis lötet man die Drähte auf der Kupferseite an.
Der in den Fotos zu erkennende Klemmbügel zur Zugentlastung des Netzkabels entstammt einem alten, nicht mehr zulässigen Netzstecker.

Stückliste

WIDERSTÄNDE

R1 = 100 k-Ohm, 1/4 W, 5%
R2 = 1 M-Ohm, log. Poti, Stereo, Schiebeweg 58 mm

KONDENSATOR

C1 = 100 µF, 40 V, für RM 27

HALBLEITER

D1 = 1 N 4007
D2 = BR 100 oder äquiv. Diac

SONSTIGES

F1 = Sicherung 315 mA mittel
Ry1 = Kartenrelais Siemens Typ V23012-A0102-A001, Lager-Nr. 4471 (12 V-Typ)
1 x Sicherungsfassung für Printmontage, RM 22,5
1 x Gehäuse Teko P2
1 x Netzkabel mit angegossenem Stecker
4 x Lötstifte RTM
4 x Steckschuhe RF
2 x Abstandsröhrchen 20 mm
2 x Zyl.-Kopf-Schr. M3 x 25
4 x Abstandsröhrchen 40 mm oder unterteilt
4 x Zyl.-Kopf-Schr. M3 x 45...50
4 x Muttern M3
2 x Gummitüllen f. Kabeldurchführung
1 x Bed.-Knopf für R2
1 x Print nach Bild 6/7

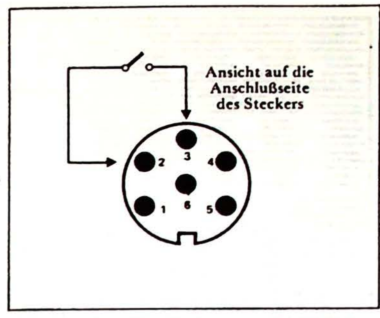
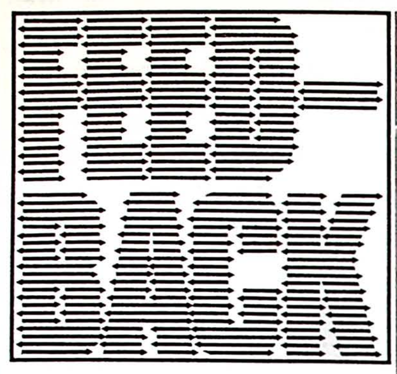


Bild 8. *Anschlußbelegung der üblichen Projektorbuchse für Automatikbetrieb.*

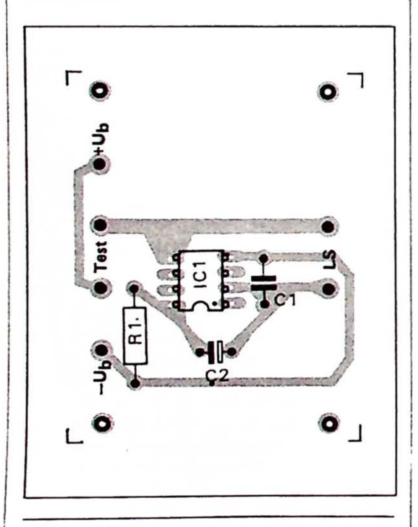
Der hohe Aufbau des Potis über dem Print (20 mm Abstandsröhrchen) hat den Vorteil, daß die seitlichen Bohrungen für die beiden Kabel, die aus dem Gehäuse heraus geführt werden müssen, ziemlich weit hinten liegen. Das ergibt ein harmonischeres Bild des fertigen Gerätchens, bedeutet aber, daß der Print mit vier Abstandsröhrchen von je 40 mm Länge auf der Frontplatte montiert werden muß, damit das Poti den richtigen Abstand zur Frontplatte bekommt.
Die Beschriftung der Frontplatte paßt man dem Einsatzzweck an. Das Labormodell trägt noch den Titel

P.E. Dia – Pulser

Zur Bedienung des Gerätes ist keine Erläuterung erforderlich.
Wenn der Pulser zur automatischen Diaprojektion eingesetzt werden soll, muß der Relaiskontakt über ein Kabel mit dem Stecker verbunden werden, der zu der Steuerbuchse des Projektors paßt.
Der Stecker ist nach DIN 45 322 genormt, es ist ein sechspoliger Typ mit 240 Grad-Teilung und zentralem Kontakt. Die mit dem Relaiskontakt verbundenen Printanschlüsse müssen über das Kabel auf die Anschlüsse 2 und 3 des Steckers gelegt werden. Bild 8 macht die Sache klar.
Läuft das Gerät, so kann mit dem Poti der Diawechsel-Rhythmus zwischen ca. 1 Sekunde und 30 Sekunden eingestellt werden.
Allerdings muß man beachten, daß der erste Wechsel sehr viel länger auf sich warten läßt, weil die Spannung am Ladekondensator zunächst ihren späteren Arbeitsbereich „aufsuchen" muß. Also nicht gleich denken, daß was nicht funktioniert. Vor allem aber:
Darauf achten, daß keine der vier langen Schrauben (bzw. die Muttern auf der Kupferseite) mit einer Kupferbahn Kontakt hat und vor allem, wie bereits gesagt: Nie etwas untersuchen, ändern, anfassen usw., wenn der Netzstecker in der Dose steckt.



Feedback (engl.) bedeutet Rückkopplung. Das ist der Oberbegriff für Mitkopplung (positive feedback) und Gegenkopplung (negative feedback).
Von Lesern kommen zahlreiche Hinweise und Fragen zu bereits veröffentlichten Beiträgen. Unter der Bezeichnung „Feedback" wird versucht, mit allen Unklarheiten, Fehlern oder Mängeln der Beschreibungen ins Reine zu kommen.



DUT, Heft 4/79, S. 27

Den Bestückungsplänen zu den Schaltungsbeschreibungen wird das Printlayout als schwaches Raster unterlegt. Diese Maßnahme ist eine wertvolle Hilfe für das „Lesen" eines Schaltungsaufbaus, allerdings nur dann, wenn das unterlegte Raster stimmt. Beim DUT ist die Sache erstmals schiefgelaufen, das Raster war in Heft 4/79 falsch unterlegt. Das Bild zeigt den korrekten Bestückungsplan.

ESQ, Heft 3/79, Seite 24

Zu Anfang des Beitrags heißt es, daß der Ausgang der Eichspannungsquelle mit einem Strom von 10 Milliampere belastet werden kann. Damit ist klar, daß auch alle Vielfach- (Zeiger-) Meßinstrumente überprüft werden können, denn die ESQ ist ausreichend balastbar. Allerdings können die Vielfachinstrumente nicht nachgeeicht werden, es ist lediglich eine Korrektur des mechanischen Nullpunktes möglich. Mit der ESQ kann man sich somit lediglich davon überzeugen, wie schlecht die Instrumente tatsächlich sind.
Der Spannungsteiler der ESQ, dessen Dimensionierung für die verschiedenen Ausgangsspannungen verantwortlich ist, scheint manchen Lesern etwas merkwürdig dimensioniert. Tatsächlich ist aber nur die Einstellung auf 1,47 Volt ein krummer Phantasiewert, der sich aber von selbst ergibt, wenn der Spannungsteiler mit Widerständen nach der E12-Reihe bestückt wird. 10 Volt und 1 Volt sind glatte Werte, und die Spannungen 1,8 Volt und 180 Millivolt dienen zum Eichen der n + 1/2-stelligen DVMs bei einem dem Vollausschlag 199... möglichst nahen, aber trotzdem leicht realisierbaren Wert.
Es ist jedoch möglich, den Spannungsteiler mit beliebigen Werten zu bestükken wenn 1. 1%ige Metallfilmwiderstände verwendet werden und 2. der Gesamtwiderstand der Kette von 10 Kilo-Ohm nicht unterschritten wird.

Frequenzzähler '79, Heft 2/79, Seite 10

Das Schaltbild Seite 12 zeigt einen gestrichelt eingezeichneten Widerstand R4, in der Stückliste steht „3,3 k-Ohm, siehe Text" und im Text steht nichts. Die Unklarheit wird auch nicht dadurch beseitigt, daß der Bestückungsplan auf Seite 14 links neben R5 zwei nicht näher bezeichnete Lötpunkte zeigt, die genau so angebracht sind, daß R4 hier paßt und richtig in der Schaltung liegen würde.
Der Hersteller des ICs 7216 C hat sich diesbezüglich ein „Mauseloch" offengehalten, es heißt nämlich sinngemäß, daß eventuell vom Zähleingang des ICs (Pin 28) ein sogenannter „Pull up"-Widerstand nach Plus zu schalten ist, wenn ein vorgeschalteter TTL-IC-Ausgang im H-Zustand nicht genügend hohes Potential erreicht. Bei den Versuchsaufbauten von P.E. hat sich dieser Widerstand (R4) als nicht notwendig erwiesen, aber der Entwickler hat sich dasselbe Mauseloch offengehalten wie der Hersteller; mit dem geplanten Vorverstärker oder anderen Vorsätzen könnte R4 eventuell erforderlich werden. Dann wird mit Sicherheit der Text dieses Bauelement nicht verschweigen.

Goliath-Digitaluhr, Heft 1/79, Seite 27

Die Stückliste gibt alle Widerstände mit 1% Toleranz an. Reiner Blödsinn, denn keiner ist ein Meßwiderstand wie etwa ein Teil der Widerstände in der ESQ. Also alles 5%.

Trafodaten auf der Spur Heft 1/79, Seite 22

Die Tabelle auf Seite 23 gibt a- und b-Ausführungen von M- bzw. EI-Trafos an. Es wurde gefragt, was a und b in diesem Zusammenhang bedeuten.
Bei gleichem Kernquerschnitt und bei gleicher Kantenlänge unterscheiden sich Transformatoren in der Dicke des Blechpaketes. Je dicker das Paket, um so höher die Leistung. Die Paketstärken sind nach DIN genormt, aber das bedeutet nicht, daß es nur Trafos mit den genormten Daten gibt. Wer sich gründlich informieren will, sollte die Fachliteratur zu Rate ziehen. Es gibt Standardwerke, die ausführliche Tabellen enthalten.
Der im genannten Beitrag erwähnte, „dicke, hochbelastbare Widerstand" sollte zumindest 10 Watt vertragen können.

IC 723 - Anwendungen eines Stabilisator-ICs Heft 12/78, Seite 52

In Bild 9 auf Seite 61 ist ein dicker Fehler: Es fehlt die Verbindung vom Ausgang der Schaltung (rechte Seite von Rs) zum Anschluß 3 des ICs. Zwar geht aus der ausführlichen Beschreibung hervor, wozu diese Verbindung dient und wie die Strombegrenzung funktioniert, auch enthalten die anderen Beispiele die Verbindung (Bild 4, 5 und 7), aber wer erwartet schon von einem Autor, der sich so ausführlich mit einer Sache beschäftigt hat, einen solchen Fehler? Auch der Korrektor offenbar nicht. Wir bitten um Entschuldigung.

Drei LEDs im 8 Minuten-Takt Heft 9/78, Seite 31

Die Anschlüsse des Doppeltimer-ICs 555 sind teilweise falsch bezeichnet. Die Anschlüsse auf der rechten Seite lauten falsch (von oben nach unten: 1, 2, 12, 13, 10, 11. Richtig ist, ebenfalls von oben nach unten: 10, 1, 2, 12, 13, 11. Die übrigen Anschlüsse des ICs sind richtig bezeichnet. Von der Schaltung laufen intern mehrere Nachbauten, so daß es mit der richtigen Anschlußbelegung jetzt eigentlich klappen müßte.

Mischpult in Modultechnik

Das n-Kanal-Mischmodul RIAA-Einheit

In Kompaktanlagen braucht man sich um den RIAA-Vorverstärker nicht zu bekümmern, er ist bereits in der Anlage enthalten.
Der „lose“ Plattenspieler mit magnetodynamischem Abtastelement dagegen liefert ein Signal, das verstärkt und nach RIAA entzerrt werden muß. Werden zwei Prints des Universellen Vorverstärkers als RIAA-Entzerrer bestückt und an den vorgesehenen Stellen mit dem Mischmodul-Print verbunden, so entsteht eine vollständige Mischpult-Einheit für magnetodynamische Tonabnehmersysteme. Die Verbindung der beiden Baugruppen sollte man erst dann vornehmen, wenn beide Prints vollständig bestückt sind, damit es nicht zu Beschädigungen durch mechanische Beanspruchung kommt.





WIDERSTÄNDE 1/4 Watt,5%

R1, R5	*= 33 k-Ohm*
R2, R6	*= 120 k-Ohm*
R3, R7	*= 100 Ohm*
R4, R8	*= 1 k-Ohm*
R9, R10	
R11, R12	*= 10 k-Ohm*
R13	*= 18 k-Ohm*
R14	*= 100 k-Ohm*
R15	*= 10 k-Ohm, log. Poti, Schiebeweg 58 mm, Printausführung*
R16, R17	*= Univers. Vorverst. RIAA-bestückt*

KONDENSATOREN, RM 5

C1, C2	
C3, C4	*= 1 µF, 40/63 Volt*
C5, C6	*= 22 µF, 40 Volt*

HALBLEITER

T1, T2, T3	*= BC 107 oder äquiv., z.B. BC 547*

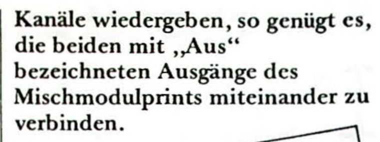
SONSTIGES

S1	*= Schiebeschalter 2 x UM RM 15 x 7,5*
16	*x Lötstifte RTM*
16	*x Steckschuhe RF*
2	*x Abstandsröhrchen 5 mm*
4	*x Abstandsröhrchen 15 mm*
4	*x Gewinderöhrchen M3 x 10*
2	*x Zyl.-Kopf-Schr. M3 x 10*
2	*x Zyl.-Kopf-Schr. M3 x 25*
4	*x Zyl.-Kopf-Schr. M3 x 20*
4	*x Kreuzschl.-Schr. M3 x 5*
2	*x Muttern M3*
8	*x Isolierscheiben 3,2 mm Loch-φ*
1	*x Bed.-Knopf für R15*
1	*x Print nach Bild 5/6, Seite 27*

Mischpult in Modultechnik

Mikrofon-Einheit

Der Mischmodul-Print ist in Stereo ausgeführt, jedoch begnügt man sich in der Abteilung „Mikro“ oft mit nur einem Mikrofon. Deshalb gibt die Stückliste für die Mischpult-Einheit „Mikrofon“ die Monobestückung an, jedoch läßt sich ohne weiteres ersehen, welche Bauteile in Stereo zusätzlich erforderlich sind.
Von der Entscheidung „Mono“ oder „Stereo“ hängt es auch ab, wieviel Einheiten des Universellen Vorverstärkers den Mischmodul-Print ergänzen. Das Foto zeigt die Monoausführung mit einem aufmontierten Print.
Die Monoausführung gestattet es, mit einer voraussichtlich in der nächsten Ausgabe kommenden Erweiterung „Panorama-Einsteller“ das Mikrofonsignal an beliebiger Stelle zwischen rechts und links einzublenden. Will man auf diese Möglichkeit verzichten, das Mikrofonsignal jedoch über beide


Kanäle wiedergeben, so genügt es, die beiden mit „Aus“ bezeichneten Ausgänge des Mischmodulprints miteinander zu verbinden.



Stückliste

WIDERSTÄNDE 1/4 Watt, 5%

R1	= 33 k-Ohm
R2	= 120 k-Ohm
R3	= 100 Ohm
R4	= 1 k-Ohm
R5	= – (in Stereo: wie R1)
R6	= – (in Stereo: wie R2)
R7	= – (in Stereo: wie R3)
R8	= – (in Stereo: wie R4)
R9, R10, R11, R12	= 10 k-Ohm
R13	= 18 k-Ohm
R14	= 100 k-Ohm
R15	= 10 k-Ohm, log. Poti, Schiebeweg 58 mm, Printausführung
R16	= Univers. Vorverst., Mikro-bestückt
R17	= – (in Stereo: wie R16)

KONDENSATOREN, RM 5

C1, C2	= 1 µF, 40/63 Volt
C3, C4	= – (Stereo: wie C1, C2)
C5, C6	= 22 µF, 40 V

HALBLEITER

T1, T3	= BC 107 oder äquiv., z.B. BC 547
T2	= – (in Stereo: wie T1)

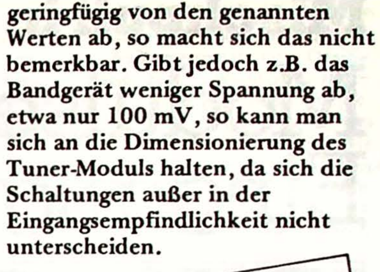
SONSTIGES

S1	= Schiebeschalter 2 x UM RM 15 x 7,5
16	x Lötstifte RTM
16	x Steckschuhe RF
2	x Abstandsröhrchen 5 mm
4	x Abstandsröhrchen 15 mm
4	x Gewinderöhrchen M3 x 10
2	x Zyl.-Kopf-Schr. M3 x 10
2	x Zyl.-Kopf-Schr. M3 x 25
4	x Zyl.-Kopf-Schr. M3 x 20
4	x Kreuzschl.-Schr. M3 x 5
2	x Muttern M3
8	x Isolierscheiben 3,2 mm Loch-ϕ
1	x Bed.-Knopf für R15
1	x Print nach Bild 5/6, Seite 27

Mischpult in Modultechnik

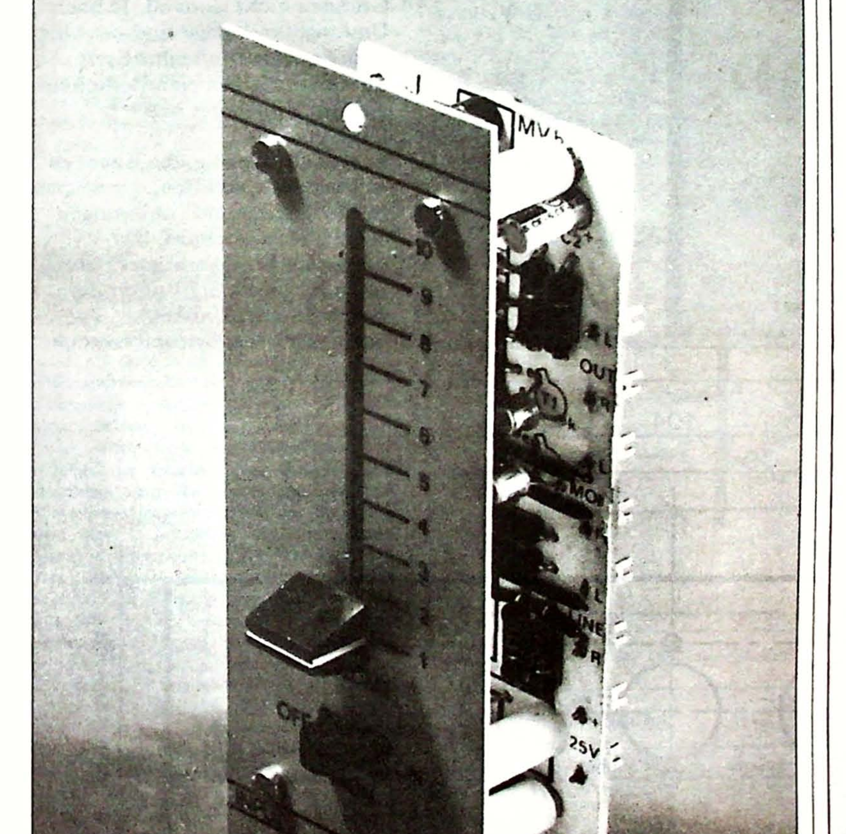
Tape/Tuner Einheit

Da die Ausgangsspannung eines Tonbandgerätes (Tape) höher ist, als es die Eingangsempfindlichkeit des Mischmoduls verlangt, ist eine Abschwächung erforderlich. Dasselbe gilt für die Tuner-Ausgangsspannung. Standardwerte mit allgemeiner Gültigkeit gibt es nicht, jedoch weisen die meisten Bandgeräte Ausgangsspannungen von 250 mV, die meisten Tuner 100 mV auf. Auf diese Werte sind die Widerstandswerte R16 und R17 berechnet. Weicht die Ausgangsspannung des vorhandenen Gerätes nur



geringfügig von den genannten Werten ab, so macht sich das nicht bemerkbar. Gibt jedoch z.B. das Bandgerät weniger Spannung ab, etwa nur 100 mV, so kann man sich an die Dimensionierung des Tuner-Moduls halten, da sich die Schaltungen außer in der Eingangsempfindlichkeit nicht unterscheiden.





Stückliste

WIDERSTÄNDE 1/4 Watt, 5%

R1, R5 = 33 k-Ohm
R2, R6 = 120 k-Ohm
R3, R7 = 100 Ohm
R4, R8 = 1 k-Ohm
R9, R10
R11, R12 = 10 k-Ohm
R13 = 18 k-Ohm
R14 = 100 k-Ohm
R15 = 10 k-Ohm, log. Poti, Schiebeweg 58 mm, Printausführung
R16, R17 = 4,7 k-Ohm (Tuner)
22 k-Ohm (Band)

KONDENSATOREN, RM 5

C1, C2
C3, C4 = 1 µF, 40/63 Volt
C5, C6 = 22 µF, 40 Volt

HALBLEITER

T1, T2, T3 = BC 107 oder äquiv., z.B. BC 547

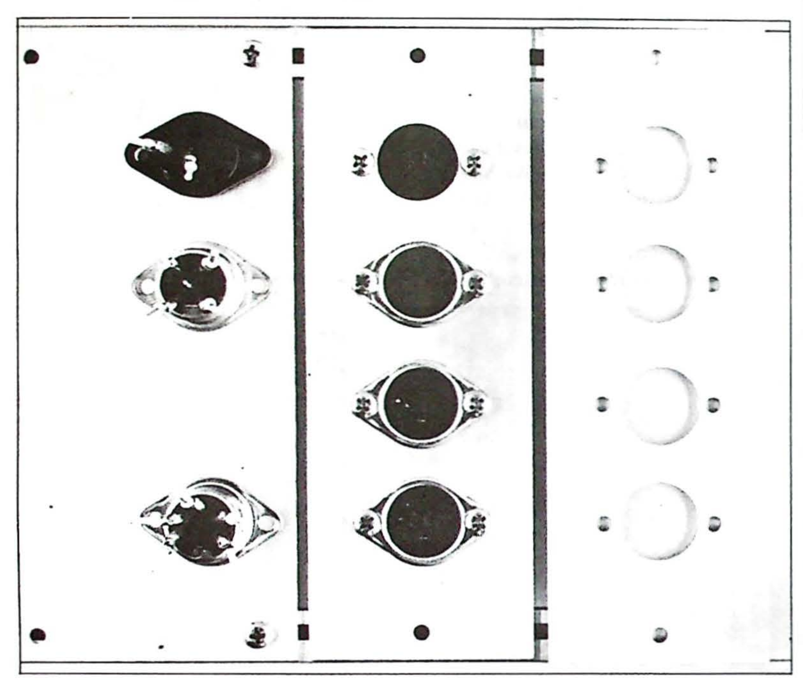
SONSTIGES

S1 = Schiebeschalter 2 x UM RM 15 x 7,5
16 x Lötstifte RTM
16 x Steckschuhe RF
2 x Abstandsröhrchen 5 mm
4 x Abstandsröhrchen 15 mm
4 x Gewinderöhrchen M3 x 10
2 x Zyl.-Kopf-Schr. M3 x 10
2 x Zyl.-Kopf-Schr. M3 x 25
4 x Zyl.-Kopf-Schr. M3 x 20
4 x Kreuzschl.-Schr. M3 x 5
2 x Muttern M3
8 x Isolierscheiben 3,2 mm Loch-ϕ
1 x Bed.-Knopf für R15
1 x Print nach Bild 5/6, Seite 27

Mischpult in Modultechnik

Modulserie 1: Eingangsbuchsen

Im Rahmen des Beitrags „Zusatzplatten“ in Heft 1/79 wurden Beispiele gezeigt, wie diejenigen Oberflächenteile des Modulgehäuses, die weder zum Lieferumfang des Gehäuses gehören noch als Modulfrontplatte beschafft werden können, in der Praxis aussehen sollten.
Was dabei noch fehlt, sind die Platten für die Buchsen, über welche die Tonsignale geführt werden, nämlich DIN-Diodenbuchsen, ein Kopfhöreranschluß und die Lautsprecherbuchsen.
Das Foto zeigt Buchsen für alle infrage kommenden Signalarten (Eingangs-, Monitor-, Kopfhörer- und Lautsprechersignal) auf einer gemeinsamen Platte, jedoch ist eine solche „Mischung“ aus elektronischen und praktischen Gründen nicht sinnvoll. Je nach Umfang der Anlage sind zwei bis drei, nur mit Diodenbuchsen bestückte Platten erforderlich und eine für Kopfhörer und Lautsprecher.
Es ist zweckmäßig, die Kabel zu stecken statt zu löten, damit man bei Eingriffen und Änderungen schnell voran kommt. Ein passendes Steckverbindersystem ist in P.E. Heft 6/77 unter der Bezeichnung „Uniflex“ ausführlich beschrieben worden.



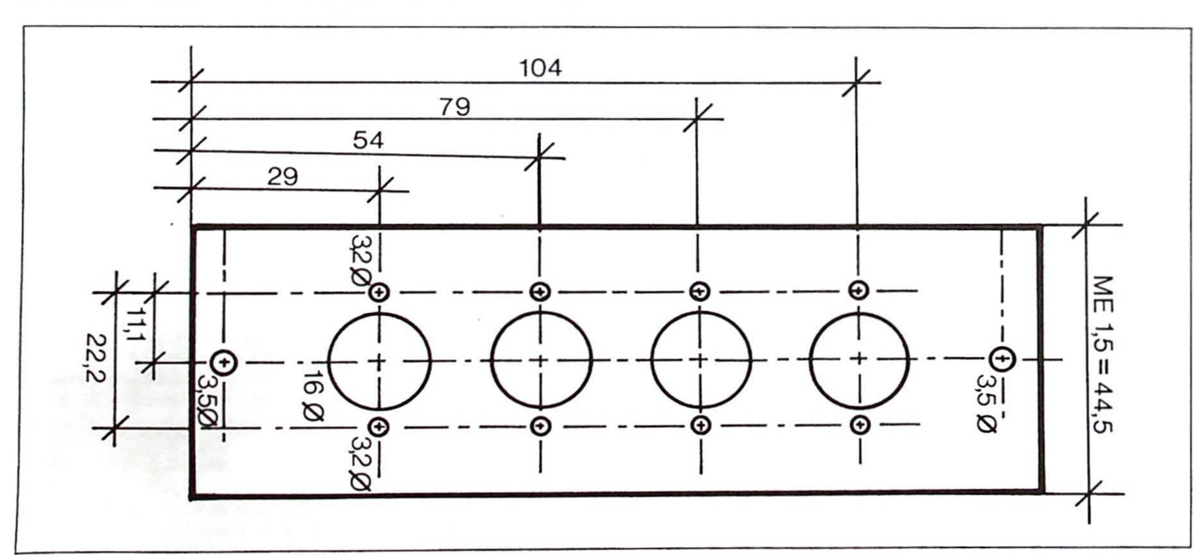


Bild. *Eine Maßskizze für Zusatzplatten, die zur Montage der Ein- und Ausgangsbuchsen der HiFi-Module dienen. Die Abmessungen stimmen mit den Modulfrontplatten überein. Die Bohrungen an den Schmalseiten dienen zur Befestigung der Platte auf den Gleitmutterkanälen des Alu-Profilgehäuses. Mehrere frühere Beiträge beschäftigen sich mit der Mechanik.*

So funktioniert das!

Digital-Voltmeter (Schluß)

Als Abschluß der allgemeineren Betrachtungen zum Digital-Voltmeter in den vorangegangenen Beiträgen folgt hier die Besprechung eines speziellen Verfahrens zur Analog/Digital-Umsetzung: Dual-Slope, der Zweiflanken-Wandler. Dieses Verfahren wurde als Beispiel gewählt, weil es das am meisten angewandte ist.
Zuvor jedoch wird noch kurz auf den Eingangsspannungsteiler für die Messung von Wechselgrößen eingegangen; in der letzten Ausgabe konnte diese Problematik, die für jedes DVM gilt, somit allgemeinen Charakter hat, aus Platzgründen nicht abgedruckt werden.

Messung von Wechselgrößen

Selbstverständlich sind auch für die Messung von Wechselspannung und Wechselstrom Spannungsteiler oder Stromsensorwiderstände wie bei der Messung von Gleichspannung und Gleichstrom erforderlich. Wenn man den bereits besprochenen elektronischen Gleichrichter entsprechend bemißt, läßt sich der für die Gleichspannungsmessung angegebene Gleichrichter auch für Wechselspannung verwenden.
Allerdings ist dann ein ganz spezielles Problem zu lösen. Widerstände haben nämlich zwischen ihren Anschlüssen nicht nur einen meßbaren Widerstandswert, sondern auch eine meßbare Kapazität und Induktivität.
Solange man Widerstände nur in Gleichstromkreisen betreibt, treten diese „nicht-ohmschen" Eigenschaften nicht störend in Erscheinung. Bei Wechselspannung und -strom dagegen bildet der Widerstand zusammen mit der Kapazität und der Induktivität eine Impedanz, einen frequenzabhängigen Widerstand.
Das führt bei den hochohmigen Widerständen im Eingangsspannungsteiler dazu, daß das Verhältnis der Widerstände nicht mehr stimmt, wenn man den Teiler für Wechselspannung verwendet. Erforderlich ist ein komplexer Spannungsteiler nach Bild 26. Zu jedem Widerstand liegt ein Kondensator parallel. Bei R1, dem Widerstand mit dem höchsten Wert, hat das Parallel-C die kleinste Kapazität. Den Widerstand mit dem kleinsten Wert überbrückt der Kondensator mit der größten Kapazität.
Die Kondensatoren bilden zusammen mit dem ohmschen, dem kapazitiven und dem induktiven Widerstand der Teilerwiderstände einen komplexen Spannungsteiler, der bei richtiger Bemessung kompensiert ist, d.h. die Teilerverhältnisse sind unabhängig von der Frequenz der zu messenden Wechselspannung, sogar für Null Hertz (Gleichspannung) kann dieser Teiler verwendet werden.
Nur mit der Bemessung der Kondensatoren ist das so eine Sache, denn es läßt sich keine bestimmte Dimensionierung angeben. Die beiden Kondensatoren mit der geringsten Kapazität sind als Trimmer ausgeführt; sie müssen mit nicht unerheblichem Aufwand an Meßmitteln exakt abgeglichen werden, soll die Kompensation stimmen!

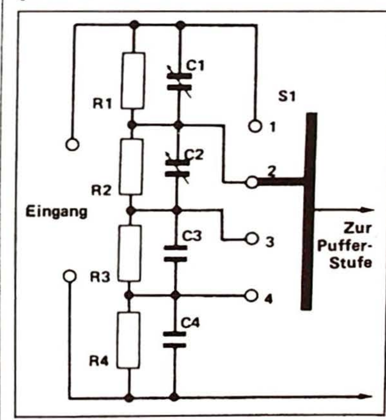


Bild 26. *Kompensierter Spannungsteiler.*

A/D-Wandler

Es gibt viele Möglichkeiten, analoge Meßwerte in eine digitale Information umzuwandeln.
Bei einem Digitalvoltmeter hängen Anzeigegenauigkeit und Auflösung in hohem Maß von der Genauigkeit ab, mit der die Umwandlung von der analogen in die digitale Form erfolgt. Man kann den Meßwert – bei dem es sich in der Regel um eine Spannung handelt – z.B. als Steuerspannung für einen spannungsgesteuerten Oszillator (VCO = Voltage Controlled Oscillator) benutzen. Das Ausgangssignal des Oszillators ist dann eine Impulsfolge, deren Frequenz dem analogen Meßwert proportional ist. Das Ausgangssignal des VCO steuert einen Frequenzzähler, der den Wert anzeigt. Der Umsetzungsfaktor des VCO, also das Verhältnis von Eingangsspannung zu Ausgangsfrequenz, bestimmt die Auflösung der Analog/Digitalumsetzung.
Wählt man z.B. den Umsetzungsfaktor so, daß 1000 Impulse am Ausgang des VCO einer Eingangsspannung von 1 Volt entsprechen, dann beträgt die Auflösung 1 Millivolt. Das wird deutlich, wenn man die Umsetzungsgleichung so formuliert:

$$1{,}000 \text{ Volt} = 1000 \text{ Impulse}$$

dann ist

$$\frac{1{,}000}{1000} \text{ Volt} = \frac{1000}{1000} \text{ Impulse}$$

oder

$$0{,}001 \text{ Volt} = 1 \text{ Impuls}$$

Ein VCO kann daher als A/D-Wandler dienen, dessen Auflösung vom Umsetzungsfaktor bestimmt wird und dessen Genauigkeit von der Linearität der Spannungssteuerung und der Frequenzkonstanz des Oszillators abhängt.
Bei einem VCO treten zumeist Linearitätsfehler auf, wenn sich die Steuerspannung im unteren Millivolt-Bereich bewegt. Derartige Linearitätsabweichungen bei sehr niedrigen Eingangsspannungen lassen sich in der Regel nur auf Kosten eines komplexeren Schaltungsaufbaus beseitigen.
Eine andere Methode der A/D-Wandlung besteht darin, den Meßwert in eine Zeitdauer umzusetzen, während der ein sehr konstanter Oszillator Impulse an einen Zähler liefert. Die der Eingangsspannung proportionale Zeitdauer ist damit die Torzeit des Impulszählers, dessen Inhalt dann beispielsweise mit Siebensegment-Displays angezeigt wird. Bei dieser Umsetzungsmethode finden zwei Umwandlungen statt, und zwar Spannung in Zeit und anschließend Zeit in Impulszahl. Damit ergeben sich auch zwei Quellen für mögliche Ungenauigkeiten; dem Schaltungsentwickler stellt sich die Aufgabe, Meßfehler so klein wie möglich zu halten. Es sucht nach guten und besten Lösungen:

Dual-Slope-Umsetzung

Bei kommerziellen Meßgeräten wird der A/D-Wandler nach dem „Dual-Slope"-Verfahren wohl am meisten eingesetzt, es handelt sich dabei um einen „Zweiflanken-Umsetzer", dessen Prinzip Bild 27 zeigt. Vor dem eigentlichen A/D-Wandler ist zumeist ein Pufferverstärker (B) angeordnet, der als Spannungsfolger

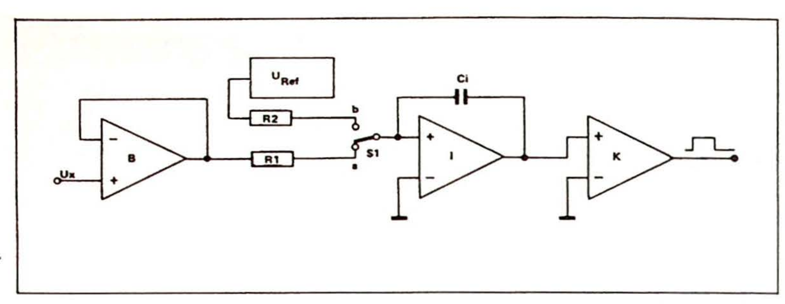


Bild 27. *Blockschaltbild eines A/D-Wandlers nach dem Dual-Slope-Verfahren (Zweiflankenwandler). S1 ist selbstverständlich ein elektronischer Schalter.*

Bild 28. *Hat sich der Integrationskondensator auf den Betrag der Eingangsspannung Ux aufgeladen (t_1), so erfolgt in der Zeit $t_1 ... t_2$ die Entladung mit konstantem Strom.*

geschaltet ist. Dieser Eingangsverstärker mit der Verstärkung 1 hat nur die Aufgabe, die Eingangsbeschaltung des Digitalvoltmeters vom Wandlereingang zu „isolieren"; der Wandler „sieht" damit immer den gleichen Eingangswiderstand, das ist der Ausgangswiderstand des Pufferverstärkers. Ohne Trennverstärker würde der Wandler ständig wechselnde Eingangswiderstände sehen, die sich aus der Eingangsbeschaltung des DVM (Eingangsspannungsteiler, Amperemeter- oder Ohmmetervorsatz) ergeben.

Der Eingangswiderstand des Trennverstärkers muß so hochohmig wie möglich sein, um die Eingangsbeschaltung so wenig wie möglich zu belasten. Dank der Bi-FET-Technologie stehen dafür jetzt Operationsverstärker mit Eingangswiderständen zwischen 10^{11} und 10^{12} Ohm zur Verfügung. Die Bi-FET-Technologie vereinigt bipolare Transistoren und FETs (Feldeffekt-Transistoren) auf einem Chip: die FETs bilden die Eingangsstufen der Op-Amps, daher die enorm hohen Eingangswiderstände.

Da der Trennverstärker B als Spannungsfolger geschaltet ist, steht an seinem Ausgang eine Spannung zur Verfügung, die den gleichen Betrag wie die Eingangsspannung Ux aufweist. Vom Ausgang des Trennverstärkers B fließt daher über R1 und den Schalter S1 (in Stellung a) ein zur Eingangsspannung proportionaler Strom in den Eingang eines weiteren Operationsverstärkers I, der als Integrator arbeitet. Der Schalter S1 steht für eine genau festgelegte Zeitdauer in Stellung a, während dieser Zeitdauer steigt die Ausgangsspannung des Integrators auf den Betrag von Ux an. Das bedeutet, daß während dieser Zeitdauer der Integrationskondensator Ci auf den Betrag von Ux geladen wird.

Nach Ablauf der Integrationszeitdauer schaltet S1 um in Stellung b, der Integratoreingang liegt nunmehr über R2 an einer hochkonstanten Referenzspannung Uref. Vorbedingung ist, daß die Referenzspannung die entgegengesetzte Polarität von Ux aufweist. Konstante Referenzspannung und konstanter Widerstand (R2) bedeutet aber, daß nunmehr ein konstanter Strom mit entgegengesetzter Polarität in den Integratoreingang fließt. Daher sinkt die Ausgangsspannung des Integrators mit konstanter Geschwindigkeit ab, der Integrationskondensator Ci wird entladen. Die Entladezeitdauer von Ci ist daher proportional zu Ux. Damit ist eine der beiden eingangs erwähnten Umsetzungsbedingungen erfüllt: Die Umsetzung der Meßspannung in eine der Meßspannung proportionale Zeitdauer.

Diese Zeitdauer ist nun so aufzubereiten, daß sie als Torzeit für einen Frequenzzähler dienen kann, an dessen Eingang eine konstante Frequenz gelangt. Die Aufgabe des Torschaltens übernimmt der auf den Integrator I folgende Komparator K in Bild 27. Die Grafik Bild 28

soll die ganzen Verhältnisse verdeutlichen, gleichzeitig wird klar, weshalb man von einem „Zweiflanken-Wandler" spricht.

Betrachten wir zunächst nur Teil A von Bild 28, dort ist im oberen Teil der Spannungsverlauf am Integrationskondensator dargestellt, im unteren Teil das Ausgangsverhalten des Komparators. Während der genau festgelegten Zeitdauer to...t1 steigt die Spannung am Integrationskondensator auf den Betrag von Ux an, das ist die ansteigende Flanke in Bild 28A. Die Zeitdauer to...t1 ist gleichzusetzen mit der Zeitdauer, während der Schalter S1 (in Bild 27) in Stellung a steht. Im Zeitpunkt t1 schaltet S1 in Stellung b um, der Integrationskondensator wird im Zeitraum t1...t2 auf Null entladen; die abfallende Flanke versinnbildlicht diesen Vorgang.

Im Zeitpunkt t1 springt aber auch der Komparatorausgang auf H = High, der Komparatorausgang geht zum Zeitpunkt t2 zurück in den Ausgangszustand L = Low. Am Komparatorausgang steht also ein Impuls, dessen Breite der Zeitdauer t1...t2, also der Entladezeitdauer des Integrationskondesators entspricht. Somit ist die Impulsbreite des Komparatorimpulses proportional zu der Eingangsspannung Ux.

Der Rest ist dann nur noch Routinesache: Benutzt man den Ausgangsimpuls des Komparators dazu, während der Zeitdauer t1...t2 das Tor eines Frequenzzählers zu öffnen, so ist die Torzeit des Zählers proportional der Eingangsspannung Ux. Hat man nun noch einen Taktgenerator mit konstanter Frequenz, der den Zähler speist, dann ist die Anzahl n1 der während der Zeitdauer t1...t2 gezählten Impulse proportional der Eingangsspannung Ux. Der Analogwert (Eingangsspannung Ux) ist in ein digitales Signal, in eine dem Analogwert proportionale Anzahl von Taktimpulsen umgewandelt.

Die Teile A, B und C in Bild 28 lassen erkennen, daß sich die Steilheit der ansteigenden Flanke — sie ist ein Maß für die Anstiegsgeschwindigkeit der Spannung am Integrationskondensator — je nach Betrag der Eingangsspannung Ux verändert. Ferner ist festzustellen, daß die Zeitdauer to...t1 in allen drei Meßphasen konstant ist.

Während der Zeitdauer t1...t2 ist dagegen die Neigung der abfallenden Flanke konstant, weil während dieses Zeitraums ein konstanter Strom fließt. Die Zeitdauer t1...t2 verändert sich daher in jeder Meßphase proportional zu der Spannung am Integrationskondensator.

Da die Zeitdauer t1...t2 bestimmend für die Torzeit des Frequenzzählers ist, besteht bei konstanter Taktfrequenz stets Proportionalität zwischen Eingangsspannung Ux und der Anzahl der im Zeitraum t1...t2 gezählten Impulse.

Aufwendig, aber genau

Man könnte nun einwenden, daß dieses doch recht kompliziert erscheinende Umsetzungsverfahren mit einer Anzahl von Unsicherheitsfaktoren behaftet ist, die einen nachteiligen Einfluß auf die Genauigkeit ausüben. Die Sache ist aber gar nicht so schlimm, wie sie zunächst aussieht.

So muß, das ist sehr wesentlich, der Taktgenerator nicht quarzgesteuert sein, obwohl er sowohl die Steuerimpulse für die Ablaufsteuerung als auch die Taktimpulse für den Zähler liefert. Der Taktgenerator (Bild 29) schwingt mit einer bestimmten Frequenz, an deren Konstanz zwar gewisse Anforderungen gestellt werden; sie gelten aber „nur" für eine bestimmte Zeitdauer, weniger hinsichtlich der Langzeitkonstanz.

Im Blockschaltbild eines Digitalvoltmeters (Bild 29) liefert der Taktgenerator Impulse an die Steuerlogik, die in der Hauptsache aus Frequenzteilern und elektronischen Schaltern besteht, mit deren Hilfe der Ablauf einer Meßphase gesteuert wird. Der Ablauf ist in Bild 30 grafisch dargestellt.

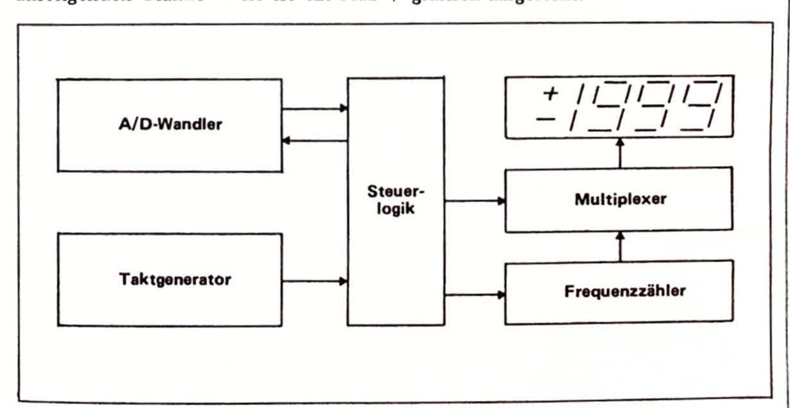


Bild 29. *Die Funktionsgruppen in einem DVM im Zusammenwirken. Arbeitet der A/D-Wandler nach dem Dual-Slope-Verfahren, so genügt ein einfacher Taktgenerator.*

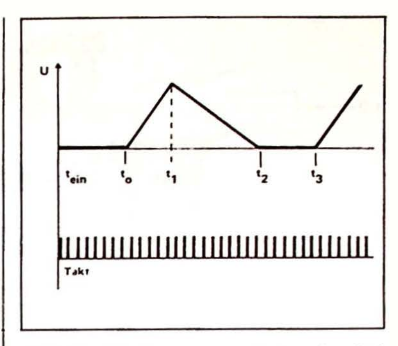


Bild 30. *Die Vorgänge und charakteristischen Zeitpunkte einer Meßphase.*

Mit dem Zeitpunkt t_{ein}, dem Einschalten der Stromversorgung, beginnt eine sogenannte Initialphase, während der der Taktgenerator einschwingt und während der gleichzeitig die Steuerlogik alles auf Null stellt; das ist die Eingangsbedingung für jede Messung. Im Zeitpunkt t_o beginnt dann die Messung, die Steuerlogik gibt in diesem Augenblick dem A/D-Wandler den Befehl: „Beginne mit dem Integrieren". (Die anschließend genannten Impulszahlen sind willkürlich gewählt, sie sind nur als mögliches Beispiel zu verstehen, um den Meßablauf zu verdeutlichen).

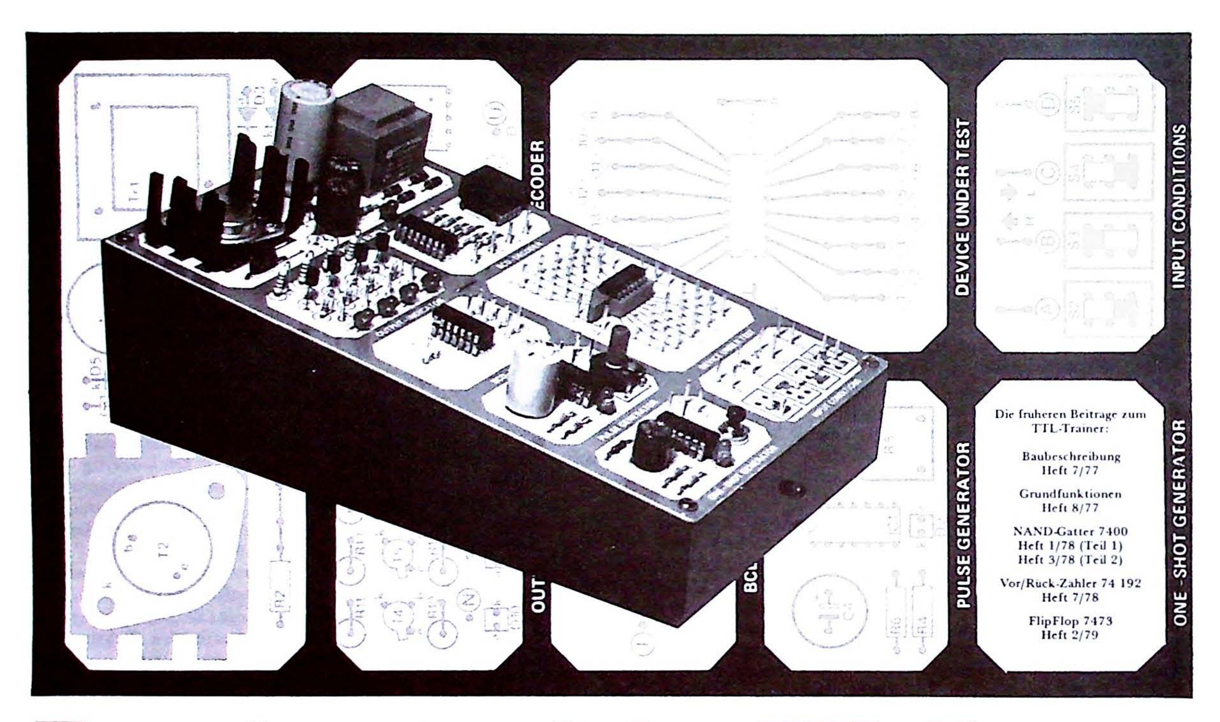
Nach Ablauf von z.B. 1000 Taktimpulsen, d.h. im Zeitpunkt t_1 erfolgt das Kommando: „Integrationszeit beendet, beginne mit der Entladung des Integrationskondensators." Gleichzeitig wird der Ausgangszustand des Komparators abgefragt; lag eine Meßspannung am Wandlereingang, so meldet der Komparator den Ausgangszustand „High", weil der Integrationskondensator geladen wurde. Das löst sofort den Befehl: „Zählertor öffnen" aus, der Frequenzzähler beginnt die eintreffenden Taktimpulse zu zählen, und zwar so lange, bis zum Zeitpunkt t_2 mit der Meldung: „Komparatorausgang Low" der Befehl: „Zähltor dicht" kommt.

Während der Zeitdauer t_2 ... t_3 ist die Steuerlogik damit beschäftigt, den Zähler zu veranlassen, den Zählerinhalt zur Anzeige zu bringen, alles (außer der Anzeige) auf Null zu setzen, um eine neue Meßphase vorzubereiten. Sie läuft dann wiederum in der geschilderten Reihenfolge ab.

Es ist daher einzusehen, daß die Taktfrequenz nur für den Ablauf einer Meßphase konstant sein muß; während dieser Zeit darf sie nicht driften, weil dann Ungenauigkeiten auftreten würden. An die Langzeitkonstanz der Taktfrequenz werden keine hohen Anforderungen gestellt, aus diesem Grunde reichen zumeist RC-Generatoren aus, die sich mit geringem Schaltungsaufwand realisieren lassen. Unerläßlich bleibt aber die Forderung nach einer hochkonstanten Referenzspannungsquelle.

Denken in High und Low

Folge 7: NOR-Gatter 7402



Experimente mit dem TTL-Trainer

Die einfachsten Logikbausteine der Digitaltechnik sind die „Gatter". Das wichtige NAND-Gatter wurde in den Experimenten mit dem TTL-Trainer bereits eingesetzt, hier schließt sich das NOR-Gatter an, ebenfalls eine wichtige Funktion in Logik-Systemen.
Im Gegensatz etwa zu dem in der letzten Folge besprochenen FlipFlop 7473 sind die Gatter insofern als einfachere Funktionsbausteine aufzufassen, als sie statisch betrachtet werden können; zu jedem Zeitpunkt hängt ihr Ausgangszustand von den Eingangszuständen ab, es interessiert nicht, was vorher gewesen ist. Mit den Gattern kann man alle logischen Verknüpfungen der allgemeinen Form „wenn......, dann......" realisieren.

Die Familie Gatter

Mit den Gattern und ihren logischen Funktionen kann man allerlei Spielereien treiben und „gewöhnliche" Mitmenschen zum Staunen bringen, weil es für Laien so aussieht, als ob die Elektronik denken könne. Sofern Denken nicht mehr ist als logisch-mathematisches Verknüpfen von Elementen, stimmt das auch. Was sicher weniger Spaß macht als die Entwicklung einer denkenden Elektronik ist das Studium der Gatterfunktionen. Um zumindest einen Anreiz zu geben, sich mit den verschiedenen Mitgliedern der Familie Gatter anzufreunden, sollen die verschiedenen Typen zunächst ganz populär charakterisiert werden.

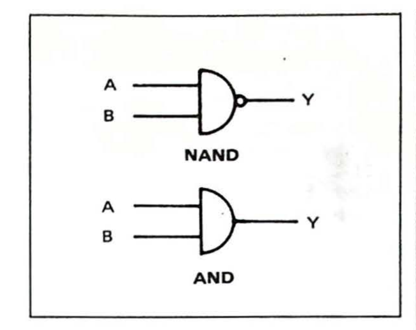


Bild 1. *Die Schaltungssymbole für das NAND-Gatter (oben) und das AND-Gatter. Die beiden Typen unterscheiden sich durch den Kreis am Ausgang.*

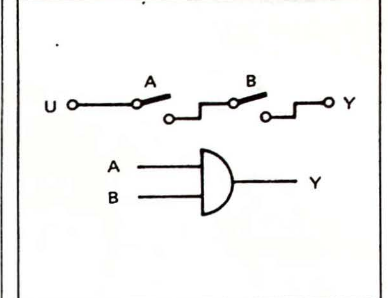


Bild 2. *Ein AND-Gatter mit einzelnen Schalterkontakten aufgebaut. Das Signal U wird nur dann durchgeschaltet, wenn Kontakt A und B geschlossen sind.*

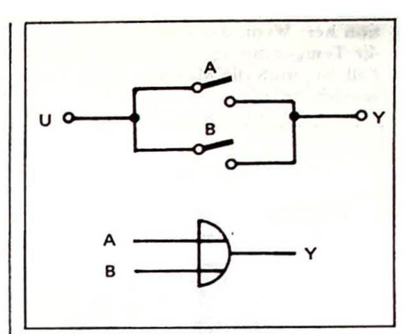


Bild 3. *Das Schalterbeispiel zeigt den Unterschied zwischen AND und OR. Wenn A oder B oder beide geschlossen sind, erscheint Signal U am Ausgang.*

Die ODER- (OR-) Funktion: Sie haben zwei Freunde zu einem Drink eingeladen. Wenn nur der eine kommt oder nur der andere oder wenn beide kommen: Die Flasche wird aufgemacht. Nur wenn keiner kommt, mögen Sie nichts: Die Flasche bleibt zu. Kurz: wenn A *oder* B *oder* beide, dann ja, sonst nein.
Die UND- (AND-) Funktion: Diesmal haben Sie Ihre Freunde zum Skatspielen eingeladen. Kommt nur A, so bleiben die Karten in der Schublade, ebenso, wenn nur B kommt. A *und* B müssen kommen, wenn gespielt werden soll.
Die EXKLUSIV-ODER- (EXOR-) Funktion. Angenommen, sie gehören zu den 97% männlichen Lesern dieser Zeitschrift und haben gerade eine neue Freundin, aber der alten noch nicht gekündigt. Beide haben Ihre Adresse und wissen, daß Sie freitags wegen des TV-Krimis zuhause sind. Wenn die eine *oder* die andere trotzdem kommt, o.k.; kommt keine oder kommen sie beide, findet der weitere Abend nicht statt, weil die Damen selbstverständlich *Exklusivität* wünschen.
Zu allen Funktionen gibt es die inversen Funktionen. Die Inversion der AND-Funktion z.B. ist das bereits früher besprochene NAND (NOT AND). Wenn Freund A *und* B eingetroffen sind, wird Skat gespielt; das bis dahin eingeschaltete Fernsehgerät läuft jetzt *nicht*.
Schließlich gibt es noch den INVERTER, dies ist die einfachste logische Funktion: Wenn es regnet, dann findet die Freilichtvorstellung *nicht* statt.
Freilich ist es erforderlich, die Gatterfunktionen exakter zu fassen, als es hier geschehen ist. Man ordnet dazu die Anfangsbedingungen und den sich je nach Gattertyp daraus ergebenden Ausgangszustand zeilenweise einander zu. Spielt man für ein Gatter mit zwei Eingängen (A, B) alle vier möglichen Kombinationen durch, so ergibt das Bild der Ausgangszustände den Gattertyp.
Auf diese Weise entstehen die sog. Wahrheitstabellen. Wenn A (kommt), dann steht an der betreffenden Stelle ein H, (von High, hohe Spannung), wenn A nicht (kommt), so ist ein L eingetragen, (von Low, Spannung Null). Handelt es sich um das AND-Gatter, so bedeutet im gewählten Beispiel H am Ausgang, daß Skat gespielt wird, L am Ausgang bedeutet, es wird nicht Skat gespielt.
Bild 1 zeigt oben das Symbol des AND-Gatters, unten das des NAND. Die Eingänge tragen ebenso wie die Eingangsbedingungen die Bezeichnungen A und B, der Ausgang ist mit Y bezeichnet.
Die Wahrheitstabelle I des AND ist, bezogen auf das Skat-Beispiel , wie folgt zu lesen: 1. Zeile - wenn keiner kommt A = L, B = L) es wird nicht gespielt. 2 und 3 Zeile - mit nur einem Partner kann man ebenfalls nicht spielen, Ausgang Y = L. Zeile 4: Beide Partner kommen (H, H), das Spiel findet statt (Y = H).
Der Vollständigkeit halber gibt Tabelle II die Zuordnung für das NAND-Gatter an; die Eingangskombinationen sind wieder dieselben, aber alle Ausgangszustände sind invers zum AND-Gatter: Wenn nicht Skat gespielt wird, ist das TV-Gerät eingeschaltet, wenn aber beide Skatpartner kommen, ist es aus (Y = L).
Was das AND-Gatter elektrisch tut, läßt sich auch mit Relais- oder Schalterkontakten realisieren. Bild 2 zeigt eine Reihenschaltung mit zwei Kontakten; soll am Ausgang die Spannung U erscheinen, so müssen Kontakt A *und* Kontakt B geschlossen sein.

AND-Gatter

Eingangszustände		Ausgang
A	B	Y
L	*L*	*L*
L	*H*	*L*
H	*L*	*L*
H	*H*	*H*

Tabelle I. *Die Wahrheitstabelle eines AND-Gatters.*

An dem Schalterbeispiel kann man sich sehr gut eine Vorstellung von der UND-Funktion machen: Eine Waschmaschine darf nur dann laufen, wenn sowohl der Hauptschalter-Kontakt als auch die Trommeltür und ihr Kontakt geschlossen sind. Ist noch einer der Kontakte geöffnet, so läuft die Maschine nicht.

Das NOR-Gatter

Auch für das OR-Gatter gibt es ein viel elektrischeres Beispiel als die Sache mit den Drinks. Ein Ventilator soll mit einer Gassensor-Schaltung automatisch eingeschaltet werden, wenn die Luft zu dick wird. Er soll aber auch dann automatisch anlaufen, wenn die Umgebungstemperatur zu hoch ansteigt. Selbstverständlich muß der Ventilator auch dann in Betrieb sein, wenn beide Meßwert-Schaltungen den Ernstfall signalisieren, es handelt sich um die allgemeine, nicht die Exklusiv-Oder-Funktion.
Wie Bild 3 zeigt, sind für einen solchen Zweck zwei Kontakte parallel zu schalten. Ist der eine *oder* der andere Kontakt geschlossen, so wird das Signal durchgeschaltet.
Wenn es im gewählten Beispiel nicht um einen Ventilator geht, sondern um eine Maschine, die den Rauch und die Wärme produziert, so muß eine NOR-Funk-

NAND-Gatter

Eingangszustände		Ausgang
A	B	Y
L	*L*	*H*
L	*H*	*H*
H	*L*	*H*
H	*H*	*L*

Tabelle II. *Beim NAND-Gatter sind die Ausgangszustände invertiert.*

tion her: Wenn der Rauch zu stark oder die Temperatur zu hoch oder beides der Fall ist, muß die Maschine abgeschaltet werden.

OR-Gatter

Eingangszustände		Ausgang
A	**B**	**Y**
L	*L*	*L*
L	*H*	*H*
H	*L*	*H*
H	*H*	*H*

Tabelle III. *Dem OR-Gatter genügt ein H an einem Eingang für H am Ausgang.*

NOR-Gatter

Eingangszustände		Ausgang
A	**B**	**Y**
L	*L*	*H*
L	*H*	*L*
H	*L*	*L*
H	*H*	*L*

Tabelle IV. *Durch Invertieren der OR-Funktion entsteht das NOR.*

Bild 4 zeigt die Symbole für OR und NOR, die Tabellen III und IV sind die betreffenden Wahrheitstabellen. H bedeutet in den diversen Spalten der Tabellen entweder: Temperatur zu hoch; zuviel Rauch; Ventilator läuft (Tabelle III); Maschine EIN (Tabelle IV). L bedeutet jeweils das Gegenteil.

Die Gattertypen NAND und NOR haben gegenüber dem AND bzw. dem OR insofern eine größere Bedeutung, als sie durch eine einfache Maßnahme zum Inverter gemacht werden können: durch Zusammenschalten der Eingänge. Sieht man sich in Tabelle II und Tabelle IV die Zeilen an, in denen die Eingänge A

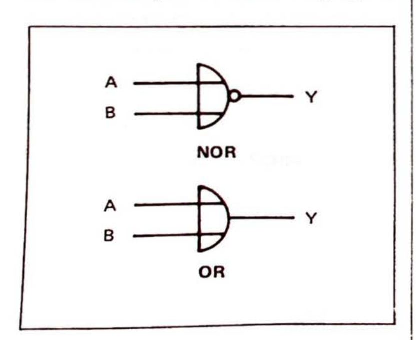


Bild 4. *Die Schaltungssymbole für OR- und NOR-Gatter. Das Unterscheidungsmerkmal ist wieder der Kreis am Ausgang.*

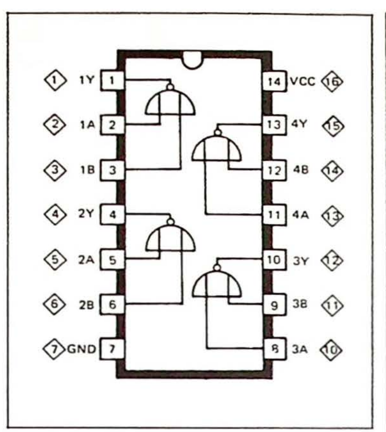


Bild 5. *So liegen die Anschlüsse der vier NOR-Gatter an den Pins des ICs 7402.*

und B gleiche Zustände aufweisen, so stellt man fest, daß der Ausgangszustand zum (beiden Eingängen nun gemeinsamen) Eingangszustand invers ist. Aus H wird L und umgekehrt. Diese einfache Möglichkeit, einen Zustand zu invertieren, gestattet es, freie, nicht benutzte NOR- oder NAND-Gatter als Inverter zu benutzen. Die TTL-ICs enthalten fast alle mehrere Gatter, so daß manchmal nicht alle Funktionen benutzt werden. Ein freies NAND oder NOR spart einen Inverter.

Das TTL-IC 7402 enthält vier NOR-Gatter (Bild 5). Da jedes Gatter drei Anschlüsse hat, ergibt sich mit den Speisespannungsanschlüssen eine Gesamtzahl von 14 Anschlußpins, somit hat das 7402 ein 14poliges DIL-Gehäuse; die Fassung für das IC im Experimentierfeld des TTL-Trainers ist jedoch 16polig. Die Experimente mit dem 7402 sind im weiteren so dargestellt, daß das IC links eingesetzt wird, somit bleiben die Anschlüsse 8 und 9 der Fassung frei und die Anschlüsse 8...14 des ICs tragen im Experimentierfeld die Bezeichnungen 10...16.

In Bild 5 ist mit Vcc der +5 Volt-Anschluss, mit GND (Ground) der Masse-Anschluß gekennzeichnet.

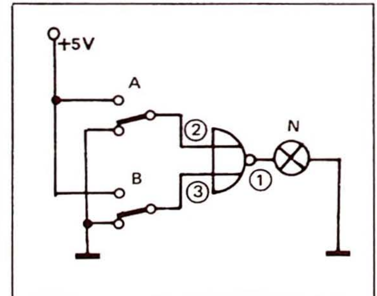


Bild 6. *Diese Schaltung wird im ersten Experiment auf dem TTL-Trainer verdrahtet. A, B sind mechanische Schalter.*

Experiment 1
Das einzelne NOR-Gatter

Bild 6 zeigt die Schaltung, die für das erste Experiment mit dem 7402 auf dem TTL-Trainer gesteckt wird. Als NOR-Gatter dient das „vorderste" im 7402, es belegt die IC-Anschlüsse 1, 2, und 3.

Es sind folgende Verbindungen auf dem Trainer erforderlich:

A - 2; B - 3; N - 1; +5 V - 16; ⊥-7

Bild 7 zeigt den zugehörigen Verdrahtungsplan.

Mit den Schaltern A und B, die je nach ihrer Stellung +5 Volt oder Null Volt auf die Ausgangspins in ihrem Feld legen, können alle H- und L-Zustandskombinationen an den beiden Eingängen des Gatters von Hand eingestellt werden.

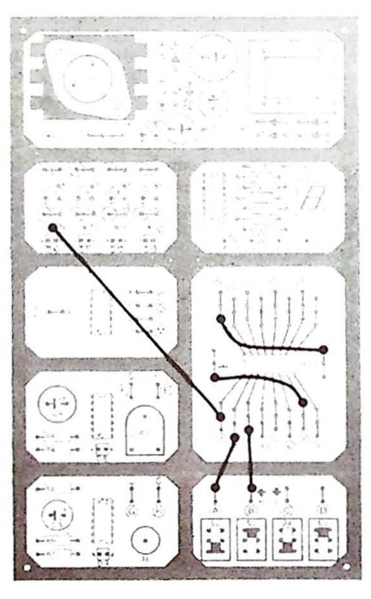


Bild 7. *Der Verdrahtungsplan für das erste Experiment mit dem TTL-IC 7402. Es sind nur fünf Verbindungen erforderlich, drei zu den Anschlüssen des verwendeten Gatters und zwei für die Speisespannung. Beim Einstecken des ICs in die Fassung auf die Einbaulage achten.*

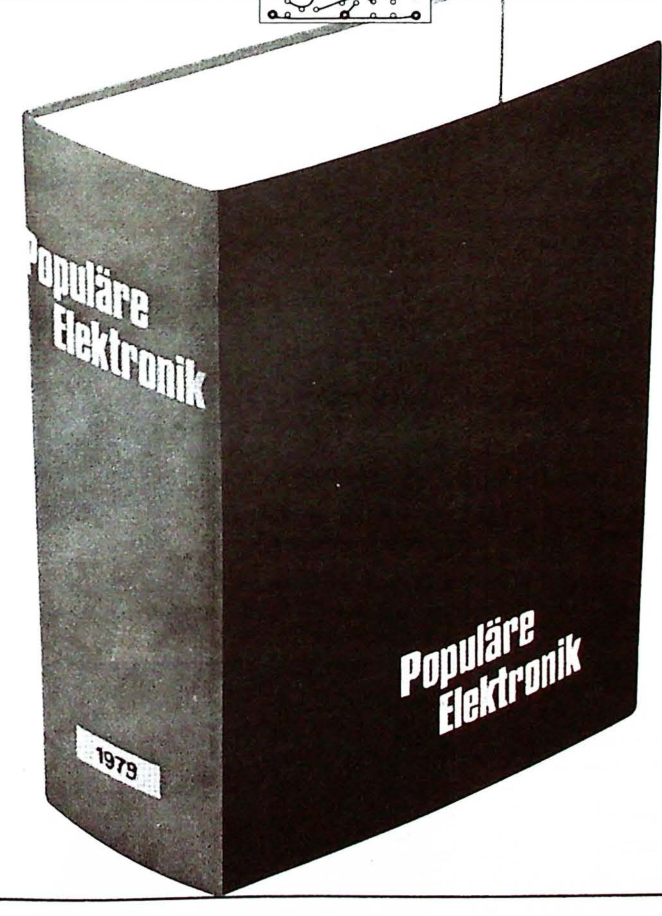
Die vier möglichen Einstellungen und der betreffende Ausgangszustand müssen mit den vier Zeilen der Wahrheitstabelle IV übereinstimmen. Nur wenn beide Schalter auf L stehen, ist der Ausgang H, die LED N (vom Zeichner nostalgisch als Lampe dargestellt) leuchtet, zeigt somit H an.

Das Experiment zeigt deutlich den „Nicht-Oder"-Charakter der Schaltung. Der Ausgang ist Nicht-H, wenn Eingang A oder Eingang B oder beide Eingänge H sind.

(wird fortgesetzt)

Heft 6/79
(Juni – Ausgabe)
erscheint am
17. Mai 1979

Der "Neue" für Populäre Elektronik



Ab sofort kann man den neuen Sammelordner für 1979 bestellen.

Das neue Format beträgt 22,5 cm breit, 29 cm hoch und ca. 5,5 cm tief. Damit können Sie PE von Anfang an in diesem stabilen und praktischen Ordner aufbewahren. Und zwar alle 12 Hefte eines Jahrgangs.

Also nicht vergessen:

Den stabilen und repräsentativen Sammelordner in roter Farbe gleich bestellen. Lieferung in ca. 4-5 Wochen. Für nur DM 11,80 im großen Format, inklusive Porto und Verpackung. Bitte untenstehenden Coupon benutzen:



Populäre Elektronik
Abt. Sammelordner
Steindamm 63
2000 Hamburg 1

Ich bestelle......Sammelordner zu DM 11,80 p. Stück

Zahlung:

☐ mit Briefmarken anbei

☐ per Scheck

☐ per Postscheck auf
Kto. 2916 26-509 Köln
M+P Zeitschriften Verlag

Name: ....

Anschrift: ....

....



Ihr Schaltungswunsch in P.E.!

P.E. praktiziert Mitbestimmung für aktive Freizeitelektroniker! Wie funktioniert das?

In jeder Ausgabe von Populäre Elektronik finden Sie eine vorgedruckte Karte zum Abtrennen. Auf der Rückseite tragen Sie fünf Schaltungswünsche ein. Freimachen und abschicken – das ist alles. Wenn Sie Nochnichtabonnent sind und ein Abo bestellen, stekken Sie die Hitparadekarte zu der Abo-Bestellung in einen Umschlag, der mit DM 0,60 frankiert wird. Dann sind Sie für ganze 10 Pfennige auch in der Hitparade dabei.

Es gibt einen neuen Hit Nr. 1, da der bisherige Top-Hit, das n-Kanal-Mischpult, in dieser Ausgabe steht. Aus der Spitzengruppe kommt wahrscheinlich als nächstes ein Beitrag zur Modellbahnelektronik, außerdem ist für die nächste Ausgabe ein allgemeiner Beitrag über Netzteile (Platz 7) vorgesehen.

Die eingesandten Schaltungsvorschläge werden in der Reihenfolge ihrer Nennung mit 5,4,3, Punkten usw. bewertet.

1.	Kurzwellen-Empfänger	2332
2.	Modellbahnelektronik	1980
3.	US-Einbruchalarm	1881
4.	Thermometer	1812
5.	Ladegerät für NiCd-Akkus	1801
6.	Klangeinsteller in Modultechnik	1645
7.	Netzteil (allg.)	1553
8.	Vorverstärker – Modul	1179
9.	RLC-Meter	1012
10.	Stroboskop	973
11.	UKW-Empfänger	924
12.	Umformer für Leuchtstofflampe	760
13.	Antennenverstärker	725
14.	Lauflicht	670
15.	Lichtschranke	536
16.	Fernsteuerung	444
17.	Gitarreneffekte	276
18.	Equalizer	229
19.	TV-Spiele	183
20.	Lautstärke-Balance-Modul	143

Der Abo-Tip

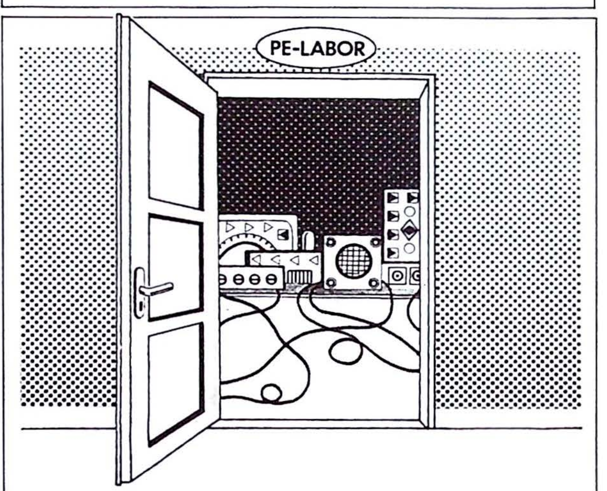
Aus der Praxis für die Praxis: Irgendwer hat irgendwann eine Idee, wie man als Hobby-Elektroniker mit einem kleinen Trick Arbeit oder Material sparen kann, etwas besser oder schneller machen kann usw. Meistens handelt es sich um Kleinigkeiten, die angeblich „nicht der Rede wert" sind.

P.E. meint: Eine Tipkiste ist eine Trickkiste. P.E. macht die Kiste auf. Und holt in der Tip-Rubrik einen nach dem anderen heraus. In dieser Ausgabe findet sich aus Platzmangel leider keiner, aber wir versprechen: Der nächste Tip kommt bestimmt!

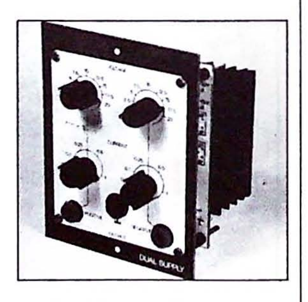
Hier gleich noch einer: P.E.-Abonnent werden. Dann füllt sich Ihre Trickkiste von selbst.

Und damit sich die Sache auch für Sie lohnt, können Sie P.E. für nur DM 29,80 im Jahr (= 12 Ausgaben) abonnieren. Mit einem Preisvorteil von über 25 %. Vom Postboten ins Haus gebracht, immer etwas früher als am Kiosk.

Und so wird man Abonnent: P.E. Abo-Karte ausfüllen und an den Verlag schicken. Den Betrag von DM 29,80 als Scheck beifügen oder auf Postscheck-Konto Hamburg 332 287 - 208 für M+P Zeitschriften Verlag GmbH + Co. Hamburg einzahlen. Fertig!



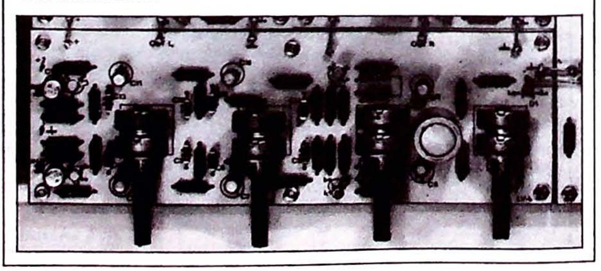
In der nächsten Ausgabe von P.E. bringen wir u.a.



Labor-Doppelnetzgerät
+20 V/–20 V, 2 x 500 mA, beide Spannungen einstellbar als Modul ausgeführt

Netzteil für Modulserie 2
Speise alle Meßmodule

Klangeinstell-Baustein für den Puzzle-Verstärker
mit Höhen-, Tiefen-, Lautstärke- und Balance-Einsteller, alles auf einem Print



HECK-ELECTRONICS

Aus P.E.-Heft 1:

FBI-Sirene kpl.Bauteile. incl. Lautsp..DM 13,10
P.E.-Platine SI-a . . . . DM 4,35
Elektro-Toto-Würfel kpl. Bauteiles.mGeh..19,90
P.E.-Platine DS-a . . . . DM 6,60
Frontplatte gebohrt und bedruckt . .DM 13,30
Transitest kpl.Bauteiles. m.Gehäuse .DM 16,50
P.E.-Platine TT-a . . . . DM 6,75
Frontplatte gebohrt und bedruckt . .DM 13,90

Aus P.E.-Heft 2:

Carbophon kpl Bauteilsatz. . . . . . .DM 23,90
P.E.-Platine CF-a . . . . DM 6,30
Gehause . . . . DM 5,50
Spannungsquelle kpl.Bauteiles.m.T. .DM 37,50
P.E.-Platine GV-a . . . . .DM 11,60
Frontplatte gebohrt und bedruckt . .DM 17,80
Gehause TEKO P 3 . . . . DM 5,90
TESTYkpl.Bauteiles.m.Gehause. . . . DM 7,70
Frontplatte gebohrt und bedruckt . .DM 13,50

Aus P.E.-Heft 3:

Die totale Uhr kpl. Bauteilesatz . . . .DM 85,50
P.E.-Platine DK-a+b. . . . . .DM 19,60
Gehause TEKO 333. . . . . .DM 10,50
50-Watt-Verstärker in Modultechn. 1 Kanal incl. Stereonetzteil . . . . DM 106,50
P.E.-Platine PA-a . . . . .DM 10,95
Bauteile f.d. 2. Kanal(Stereo) . . . . .DM 57,00
Fronfplatte geb. u. beschrift (pos.o.neg.)11,15
Die Kassette im Auto kpl. Bauteilesatz mit Gehause und Platine . . . . .DM 10.10

Aus P.E.-Heft 4:

Codeschloß kpl.Bauteilesatz . . . . . .DM 21,60
P.E.-Platine ES-a . . . . DM 7,15
LED-VU-Meter (Modultechnik) kpl. Bauteilesatz je Kanal. . . . . .DM 23,50
P.E.-Platine VU-a . . . . DM 9,35
Frontplatte geb.u.beschrift (pos.o.neg)11,65
MIKRO -2 (Signalhorn) kpl.Bauteiles.DM11,89
P.E.-MIKRO Hauptplatine MI-a. . . .DM 8,50
P.E.-MIKRO Trimmerplatine MI-b . . DM 4,95
MIKRO-1(Blinker) Baut. m.Platine . .DM 13.40
Gehäuse m.Gleitmutterkanälen f. P.E.-Moduls. Große 300...DM 49,60/Große 500 DM64,90

Neu aus P.E.-Heft 4 und 5/78.NEU NEU
SNOBBY-Geräuschschalter

Bauteilesatz Hauptprint mit Mikro . .DM 28,70
Platine Snobby-a . . . . DM 9,90
Bauteilesatz Netzteilprint . . . . . . .DM 39,80
Platine Snobby-b . . . . DM 9,80
Bauteilesatz Steuerprint . . . . .DM 29,90
Platine Snobby-c . . . . DM 9,70

Aus P.E.-Heft 5:

Tremolo kpl.Bauteilesatz. . . . . . . .DM 42,40
P.E.-Platine TR-a . . . . .DM 13,85
Frontplatte geb u.beschrift (pos.o.neg.)15,35
je 14 Lötstifte u.Steckhülsen,5 IC-Fass.4,48
Minimix kpl. Bauteilesatz . . . . . . .DM 38,80
P.E.-Platine MM-a. . . . . .DM 12,90
Gehause TEKO 334. . . . . .DM 13,10
PUFFI kompl.Bauteilesatz. . . . . . . DM 3,70
P.E.-Platine BU-a . . . . DM 6,40
Gehäuse ALU ausreichend f.2.Platinen. . . 3.55

Aus P.E.-Heft 6:

Signal-Tracer kpl. m. Knöpfen und Fassungen, Bauteilesatz . . . . .DM 24,90
P.E.-Platine SV-a . . . . .DM 13,95
Frontplatte gebohrt und bedruckt . .DM 22,90
Gehause TEKO P/4. . . . . .DM 11,00
TV-Tonkoppler kpl.Bauteilesatz . . .DM 20.90
P.E.-Platine TV-a . . . . .DM 12,55
Gehause TEKO 333. . . . . .DM 10,50
LESLIE (Modultechnik)Bauteiles . . DM 2,90
P.E.-Platine TR-b . . . . DM 6,35
Frontplatte geb.u.beschrift (pos.o.neg.)9,00

Aus P.E.-Heft 7:

Basisbreite-Einstellung kpl. Bauteilesatz lt. Stuckliste,m.Zubehor. . . . . .DM 19,40
P.E.-Platine BB-a . . . . DM 9,10
Frontpl.pos.o.neg. . . . . .DM 12,85
TTL-Trainer Bauteiles.m.Kabel . . . .DM 51,90
P.E.-Platine DT-a . . . . .DM 29,00
Gehause P/4 . . . . .DM 11,00
MIKRO-4 (Flip-Flop)Bauteiles.kpl.. . DM 6,90
P.E.-MIKRO-4 Hauptprint MI-a. . . . DM 8,50

Aus P.E.-Heft 8:

Superspannungsquelle kpl. Bauteilesatz lt. Stückliste m.Instr.,Knöpfen usw . . DM 113,70
P.E.-Platine SSQ. . . . . .DM 13,10
Gehause SSQ m.Kuhlkörper;Rückw. .DM 39,80
Mini-Uhr m.Maxi-Display,Bauteiles. .DM 38,90

P.E.-Platine DK-c/d . . . . .DM 10,95
Spez.Uhrengehäuse m.Plexi-Scheibe . DM 5,75
Loudness-Filter kpl.Bauteiles. . . . . .DM 13,80
P.E.-Platine FV-a . . . . DM 9,70
Frontpl.pos.o.neg. . . . . .DM 11,00

Aus P.E.-Heft 1/78:

Sinusgenerator (Modul) kpl.Bauteiles. DM27,50
P.E.-Platine SG-a . . . . .DM 14,10
Frontplatte FN-SG-a . . . . .DM 17,30
n-Kanal-Lichtorgel Hauptprint Bauteilesortim. kpl.lt.Stuckliste . . . . .DM 20,80
je Kanal lt. Stuckliste . . . . .DM 12,50
P.E.-Basisplatine LO-c . . . . DM 8,30
P.E.-Kanalplatine LO-d. . . . . .DM 5,00
Grundausst. Plat.1xLO-c:3xLO-d. . .DM 19,00
Lichtdimmer Bauteiles.kpl lt.Stückl. .DM 21,90
P.E.-Platine LD-a . . . . DM 6,80
Gehäuse TEKO 3/B. . . . . DM 3,90

Aus P.E.-Heft 2/78.

Rauschfilter i.Modultechnik Bauteiles. DM14,90
P.E.-Platine RF-a . . . . DM 8,90
P.E.-Frontplatte pos.o.neg. . . . . . .DM 11,60
Goliath-Display Bauteile lt Stückl. . .DM 17,70
P.E.-Platine UD-a/b. . . . . .DM 10,10
Pausenkanal für n-Kanal-Lichto. Baut..DM11,50
P.E.-Platine LO-e . . . . DM 5.00

Aus P.E.-Heft 3/78:

Spannungslupe Bauteile lt.Stückl. . . .DM 16,30
P.E.-Platine SL-a . . . . DM 5,25
Gehäuse TEKO p/2. . . . . DM 4,40
Rechteckzusatz z.Sinusgenerator BautDM 16,90
P.E.-Platine SW-a . . . . DM 7,80
P.E.-Frontplatte FN-SW-a . . . . DM 9,15
Goliath-Stromversorgung Baut.m.TrafoDM47,90
P.E.-Platine GV-e . . . . .DM 13,90

Aus P.E.-Heft 4/78:

Hall i.Modultechnik lt.Stückl.m.OPA. DM36,90
P.E.-Platine RV-a . . . . DM 8,90
P.E.-Frontplatte pos.o.neg. . . . . . .DM 12,85
O.P.A.Operationsverstarker Bauteiles. .DM8,90
P.E.-Platine OP-a . . . . DM 5,35
LOGIC-PROBE Baut. lt.Stückl. . . . DM 8,50
P.E.-Platine LT-a . . . . DM 5,05

Aus P.E.-Heft 5/78:

Peace-Maker lt.Stückliste. . . . . . . .DM 13,90
P.E.-Platine PM-a . . . . DM 5,90
Gehäuse . . . . DM 4,40
Digitalmeter i.Modultechnik Bauteiles. .DM79,90
P.E.-Platine DM-a/b. . . . . .DM 19,35
P.E.-Frontplatte FN-DM-a . . . . . . .DM 19,50
DC-Vorsatzlt. Stückl. . . . . .DM 12,90
Frontplatte FN-DM-b. . . . . DM 9,15

Aus P.E.-Heft 6/78:

Digital-Analog-Timer Bauteilesatz. . .DM 59,90
P.E.-Platine UT-a . . . . .DM 18,00
P.E.-Gehause geb.und bedruckt . . . .DM 17,00
Sensorschalter Baut.lt.Stuckl . . . . .DM 14,90
P.E.-Platine TT-b . . . . .DM 10,20
L.E.D.S. Bauteile lt.Stuckliste. . . . . DM 7,90
P.E.-Platine LE-a . . . . DM 6,90

Aus P.E.-Heft 7/78:

Ohm-Meter-Vorsatz Bauteilesatz . . .DM 24,90
P.E.-Platine DM-c . . . . DM 7,85
P.E.-Frontplatte FN-DM-c. . . . . . .DM 10,20
Wurfeln m.Goliath Bauteilesatz . . . .DM 14,90
P.E.-Platine UD-c . . . . DM 6,10
Elektronisches Tauziehen Bauteiles. .DM 49,90
P.E.-Platine EG-a . . . . .DM 14,25
Gehause TEKO P/3. . . . . DM 5,90
Netzstecker-Stromversorgung 9V . . .DM 14,50

Aus P.E.-Heft 8/78:

Infrarot-Empfänger Bauteilesatz . . .DM 48,80
P.E.-Platine IR-b . . . . .DM 11,80
Gehause Ormatu Typ BIM2003. . . . DM 5,40
Gehause Amtron Typ KG-6-ST . . . .DM 5,20
Infrarot-Sender Bauteilesatz . . . . . .DM 19,90
P.E.-Platine IR-a. . . . . DM 5,90
Gehause Typ Blm 2003 . . . . DM 5,40
Zener-Tester Bauteilesatz . . . . . . .DM 39,90
P.E.-Platine ZT-a . . . . DM 7,70
Frontplatte zum Zenertester aus P.E. gebohrt und bedruckt . . . . DM 17,80
Gehause TEKO 362. . . . . DM 8,75
H.E.L.P. Laborprint UP-a . . . . . . .DM 22,50

Aus P.E.-Heft 9/78:

Syndiatape Bauteilesatz lt. Stückl. . .DM 31,80
P.E.-Platine SY-a . . . . .DM 14,70
Gehäuse . . . . .DM 10,90
Schwesterblitz Bauteile lt. Stückl.. . .DM 19,50
Platine FL-a . . . . DM 4,50
Gehäuse . . . . DM 3,35
Kontaktloses Relais Bauteiles. . . . . DM 10,80
P.E.-Platine RY-a . . . . DM 4,90

Aus P.E.-Heft 10-11/78
Scheibenwischer-Intervallschalter

Baut. lt. Stückl. . . . . .DM 34,70
Platine WA-a. . . . . .DM 11,10
Gehäuse mit Montageteilen . . . . . .DM 6,90
Automatikzusatz incl. Platine RB-a. .DM 16,50
Regensonde, Baut. lt. Stückliste. . . .DM 11,90
Platine RB-a. . . . . .DM 8,80
Gehäuse mit Montageteilen . . . . . .DM 8,90
Auto-Akku-Lader Bauteile lt. Stückl..DM 87,30
Platine AK-a. . . . . .DM 11,10
Metall-Gehäuse . . . . .DM 34,90

NEU aus P.E.-Heft 12/78:

Power Blink-Zentrale Bauteilesatz DM 10,50
Platine KL-a DM 6,90
Anpassungsverstärker Bauteilesatz . DM 19,80
Platine BU-a DM 6,40
Gehäuse TEKO 3/B. . . . . .DM 3,90
MONITOR-VERST. Bauteilesatz . . DM 44,90
2 x O.P.A. dazu Bauteilesatz. . . . . DM 17,80
2 x Platine OP-a. . . . . DM 10,70
Platine OP-b . . . . DM 16,90
Stabilisiertes Netzteil 25 V/2,2 A. . DM 54,90
Platine MA-a. . . . . DM 8,80
Unstab. Netzteil +/- 30 V/3,5 A. . DM 62,50
Platine MA-b. . . . . DM 7,80
Komplett-Netzteil mit Montagemat DM 109,80

Aus P.E.-Heft 1/79:

Spannungsteiler mit Gehäuse, Bauteilsort. DM 9,70
Platine OP-C. . . . . DM 5,30
O.P.A. dazu mit Platine OP-a, Bauteilesort. . . . . DM 14,25
Anti-Lichtorgel, Bauteilesort. . . . . DM 19,90
Platine LO-b . . . . DM 6,25
Fur Gehäuseeinbau: Gehäuse mit Bauteilen . . . . zusatzl.DM 16,80
Goliath-Steuereinheit, Bauteilesort. DM 24,90
Platine UD-d. . . . . DM 12,95
Goliath-Digitaluhr (4 Zähldekaden, Steuereinheit, Netzteil mit samtl. Platinen) kpl. DM 198,-
Gehause-Acryl (wie Abb. in P.E.) . . DM a.A.

Aus P.E.-Heft 2/79:

Mini-Midi (MW-Empfanger) o. Batt. Bauteilesort. . . . . DM 24,80
Gehause TEKO P/2. . . . . DM 4,40
Platine MR-a . . . . DM 7,15
DC-Fuge (Uberstrom-Sicherung) Bauteilesort. . . . . DM 12,90
Platine EF-a . . . . DM 8,25
Frequenzzähler 79 m. Montageteilen (o. Netzteil) Bauteilesort. . . . . DM 218,-
Platine FZ-a . . . . DM 23,75
Netzteil zum FZ 79, Bauteilesort.. . DM 59,70
Platine FZ-b . . . . DM 17,-
Gehause 8009 m. geb. + bedr. Frontplatte . . . . DM 39,95

Aus P.E.-Heft 3/79:

Goliath's Woche, Bauteilesort.. . . . DM 12,90
Platine UD-e. . . . . DM 11,50
Rumpelfilter-Modul, Bauteilesort. . DM 22,90
Platine DF-a . . . . DM 11,75
Frontplatte DF-a positiv oder negativ DM 12,35
Eichspannungsquelle ESQ . . . . . . DM 88,70
Platine ESQ . . . . DM 12,20
Gehause mit geb. + bedr. Frontplatte DM 29,90

aus P.E.-Heft 4/79:

Puzzle-Verst., Endstufe (1 Kanal). . DM 15,90
Durchgangstester DUT . . . . DM 4,00
Universelle Triacsteuerung. . . . . . .DM 4,95

Aus P.E.-Heft 5/79:

Mischpult Mikrof.-Kanal o. MV-a . . DM 17,90
Mischpult Tape-Kanal Stereo . . . DM 19,00
Mischpult Tuner-Kanal Stereo . . . DM 19,00
Mischpult Entzerrer-Kanal Stereo o. MV-a . . . . DM 17,90
Platine MV-b . . . . DM 9,95
Frontplatte MV-b pos. o. neg. . . . DM 11,80
Universeller Vorverstärker mit Platine MV-a . . . . DM 8,90
Relais-Pulser . . . . DM 29,90
Platine TP-a . . . . DM 6,60
Puzzle-Verst. NETZTEIL m. Trafo . DM 57,60
Platine LV-c . . . . DM 9,40

Platinen und Gehäuse immer extra wenn nicht anders angegeben. Preise und Angebote freibleibend.

5012 Bedburg Morkenerstr. 20 · Tel. 02272 · 3294

Die »Al[illegible]en«

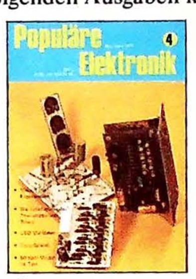
Ausgaben von **Populäre Elektronik** enthalten zahlreiche Baubesch[illegible], [illegible] interessant sind.
Die nachfolgenden Ausgaben können noch geliefert werden.



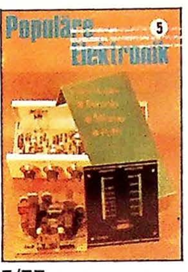
1/76 **FBI-Sirene** das Signalhorn der US-Polizei **Transitest** Halbleitertester mit einfachster Bedienung — **Electro-Toto-Würfel** Elektronik-Spiel



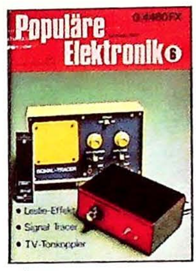
3/77 **50 Watt-Modul**[illegible] NF-Endverstärker der HiFi-Modulserie — **Die totale Uhr** · Digitaluhr mit fast allen Möglichkeiten **Die Kassette im Auto**



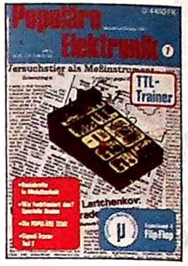
4/77 **Codeschloß** mit leicht veränderbarem Code — **LED-VU-Meter** in Modultechnik — verschiedenfarbene LEDs zur Aussteuerungsanzeige (Stereo)



5/77 **Minimix** batterie-Mischpult 2xStereo, 1 x Mikro (mono) mit Panorama — **Tremolo** In Modultechnik — **Puffi** Eintransistor-Pufferstufe (Stereo)



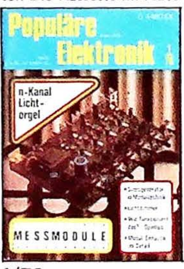
6/77 **Leslie in Modultechnik** Zusatz zum Tremolo-Modul — **Signal-Tracer** Kombination Signalspritze/Signalverfolger — **TV-Tonkoppler**



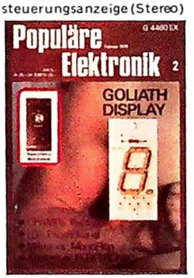
7/77 **TTL-Trainer** ein kleines Digital-Labor für den spielenden Einstieg in diese Technik — **Basisbreite** in Modultechnik mit Super-Stereo



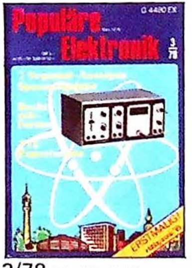
8/77 **Superspannungsquelle** Null bis 28 V/1,5 A Strombegrenzung — **Loudness-Filter** in Modultechnik — **Mini-Uhr mit Maxi-Display**



1/78 **Sinusgenerator in Modultechnik** das erste Meßplatz-Modul — **Die n-Kanal-Lichtorgel** beliebige Kanalzahl, **Lichtdimmer**



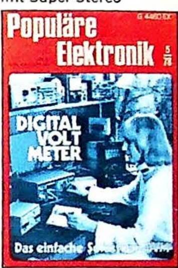
2/78 **Goliath · Display** Ziffernhöhe 38 mm — **Pausenkanal** für die n-Kanal-Lichtorgel — **Rauschfilter** in Modultechnik, mit 3 Eckfrequenzen



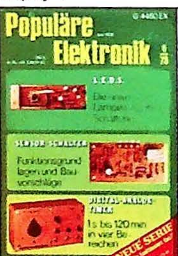
3/78 **Rechteck-Former** in Modultechnik, Zusatz zum Sinusgenerator — **Spannungslupe** Meßbereicherweiterung für Vielfachinstrumente



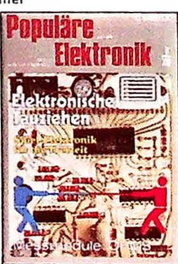
4/78 **O.P.A.** Operational Power Amplifier, **Snobby** Klatschschalter mit Programmsteuerung **Hall Modul Logic-Tester** zeigt H,L,O



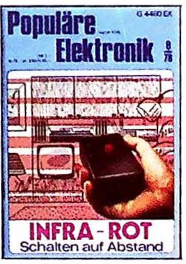
5/78 **Peace-Maker** Zahl/Adler-Zufallsgenerator — **Digital-Meter** zentrale Einheit im modularen Meßplatz — **DC-Volts** Zusatz zum Digital-Meter



6/78 **L.E.D.S.** Leuchtenüberwachung im Auto — **Einpunktsensor** erweiterungsfähiges System — **Digital-Analog-Timer** 1 Sekunde bis 2 Stunden



7/78 **Elektronisches Tauziehen** Reaktionstest als Zeitvertreib **OHMS** Widerstands- Meßzusatz zum Digital-Meter — **Würfeln mit Goliath**



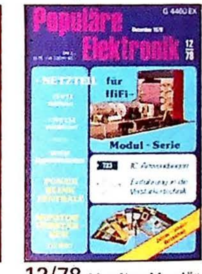
8/78 **Zener-Tester** für schnellen Z-Dioden-Test **H.E.L.P.** handlicher Experimentierprint **Infrarot-Sender** und **Infrarot-Empfänger**, störsicher



9/78 **Schwesterblitz** macht jedes Blitzgerät zum Zweitblitz-**Syndiatape** Diavertonung auf Kassette **Das kontaktlose Relais** Elektronik ersetzt Mechanik



10-11/78 **Intervall-schalter** für den Scheibenwischer — **Automatik-Zusatz** startet den Schalter bei Regen **Auto-Akku-lader** — **Regensonde** mit akustischem Signal



12/78 **Monitor-Verstärker** 2x3 Watt-**Zwischenverstärker** zur Pegelanpassung — **Power-Blinkzentrale** für Modellbau **Netzteil für HiFi-Module 25 V stab. + 30 V unstab.**

Populäre Elektronik
Abteilung Heftnachbestellung
Postfach 760264, 2000 Hamburg 76
Anz./Heft-Nr.: ....
....
....
....
....
....
....
....
(Bitte deutlich schreiben)
Name: ....
Straße: ....
PLZ Ort: ....

So wird bestellt:
Coupon ausfüllen,
DM 3,00 Heft
in Briefmarken,
bar oder
als V-Scheck
beilegen und alles an
nebenstehende
Adresse senden.

Nicht vergessen!

Die stabile und repräsentative Sammelmappe für Ihre älteren Ausgaben von **Populäre Elektronik**



Farbe: Rot, Preis: DM 10,80
Bitte benutzen Sie bei einer Bestellung ebenfalls den nebenstehenden Coupon und fügen DM 10,80 bei.